الأصول العامة فى

الجغرافية المناخية

الجزء الثانى

(المناخ التفصيلى والتطبيقى)

الأستاذ الدكتور

فتحى عبد العزيز أبو راضى

أستاذ الجغرافية الطبيعية

عميد كلية الآداب - جامعة الاسكندرية (السابق)

دار المعرفة الجامعية

الأصول العامة

في

الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

الأصول العامة

في

الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

دكتــــور

فتحي عبد العزيز أبو راضي

أستاذ الجغرافيا الطبيعية

عميد كلية الآداب (السابق) جامعة الإسكندرية

٢٠١٠

دار المعرفة الجامعية

٤٠ ش سوتير - الأزاريطة ت: ٤٨٧٠١٦٢

٣٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي ت ٥٩٧٢٤٤٦



إهداء

إلي تلاميذي ... ولهم في نفسي معزة الأبناء ....

أهدي هذا الكتاب ...

محتويات الكتاب

مقدمة

قليلة هى الكتب التى صدرت باللغة العربية حول المناخ التفصيلى والتطبيقى. ولهذا النقص الكبير أثره البالغ على مختلف فروع علم الجغرافيا وسائر العلوم التى تتطلب معرفتها الإلمام ببعض بحوث علم المناخ التفصيلى والتطبيقى كعلم هندسة المدن وعلم الصحة والعلوم العسكرية والطيران والعلوم الزراعية وعلم النفس. إذ يؤثر الطقس والمناخ كظواهر بيئية دينامية على حياة الإنسان وأنشطته. ولقد لفت نظر علماء المناخ الطرق التى تؤثر بها عناصر الطقس والمناخ فى أشكال النشاط الاقتصادى والاجتماعى، فانطلقوا للبحث عن تحديد دور كل عنصر من تلك العناصر. ولم يعد هناك مجال للشك فى أثر الظروف الجوية على حياة الإنسان اليومية، فإلى جانب تحكم الظروف الجوية فى تحديد نوع الطعام المناسب ونموذج المسكن الملائم ومكان قضاء العطلة الأسبوعية، تحدد أيضاً مدى امكانية القيام ببعض الأعمال التى تتم فى العراء أو الخلاء.

ولقد بدأ علم المناخ منذ نشأته بداية تطبيقية، فما أن بدأ الإنسان يتنفس هواء الجو الذى يحيط به، ويتعرف على الاختلافات التى تميز أجزاء بيئته المحدودة حتى شعر بأهمية البحث عن دور الظاهرات الجويه فى تحديد طرق معيشته، والعمل على ضبط تأثير تلك الظاهرات وتجنب أخطارها إن أمكن له ذلك.

وقد خصصنا هذا الكتاب لمعالجة تأثير المناخ على جوانب البيئة الطبيعية والبشرية وذلك بهدف إلقاء الضوء على التأثيرات المباشرة وغير المباشرة للمناخ. وقد اعتمدنا فى اعداد هذا الكتاب على معظم المراجع التى تعالج مثل الموضوعات التى عالجناها وعلى رأس هذه المراجع المتخصصة الدقيقة كتاب Applied Climatology لمؤلفه جريفيث J. f. Griffiths فى طبعته السادسة التى صدرت عام ١٩٧٥ والذى تضمن فصولاً تتصف بالشمولية والدقة التى أكدتها العلاقات الرياضية العديدة التى أبرزت الترابط القائم بين المناخ وجوانب البيئة الطبيعة والبشرية. كما استعنا بعدد آخر من المؤلفات الأجنبية من أهمها كتاب Principles of Applield Climatology لمؤلفه K. smith المطبوع عام ١٩٧٥ وكتاب Applied Climatology لمؤلفه J. E. Hobbs المطبوع عام ١٩٨١ بجانب العديد من الكتب الأجنبية الأخرى الواردة فى قائمة المراجع فى نهاية هذا الكتاب. ومن الكتب العربية اعتمدنا على الكتاب القيم للدكتور على موسى وهو بعنوان «الوجيز فى المناخ التطبيقى» المطبوع عام ١٩٨٢

ويكاد يكون هذا الكتاب من أفضل ما كتب فى موضوع الدراسة المعاصرة لعلم المناخ التطبيقى فى المكتبة العربية.

وتبدو أهمية الكتاب بين أيدينا فى أنه محاولة لإبراز أهمية المعلومات المناخية وصلتها بنواحى الحياة. إذ ركزت الدراسة فيه على توضيح العلاقة بين المناخ والبيئة من وجهة نظر جغرافية المناخ التطبيقى، كما ركزت الدراسة على مجموعة من المشاكل المناخية التى تمثلت فى مشكلة صعوبة الحصول على بيانات مناخية عن المناطق القطبية والتى حلتها الآن الأقمار الاصطناعية المتيورولوجية ومشكلة التغيرات فى مناخ الأقاليم المناخية ومشكلة التصحر وإزالة الغابات ومشكلة تلوث الهواء ومشكلة ثقب الأوزون والأمطار الحمضية ومشكلة ظاهرة النينو والتى تعد من أكثر الظواهر الجوية المحيرة التى كتب عنها الكثير ومازال حتى الآونة الأخيرة.

ولقد انتهجنا فى كتابنا هذا أسلوباً وصفياً تحليلياً وتعليلياً جغرافياً، وهو أسلوب لا غنى عنه إذ أنه يساعد، بسهولة ويسر، على توصيل الحقائق العلمية وإيصال أسس المعرفة الجغرافية المناخية التفصيلية والتطبيقية للأذهان الناشئة فى مجال الدراسة الجغرافية بعامة، فبدون الأسس والقواعد لا يمكن أن ينهض الصرح، أو تستقر الأصول عند المستجدين من طلاب هذه المعرفة. والكتاب بين أيدينا الآن يعالج تلك الأسس بوسطية لا بشئ من الاقتضاب ولا بشئ من التفصيل وذلك لكى يستفيد منه الطالب المبتدئ والباحث المتخصص.

وقد كان هذا الإدراك الدافع الأساسى لإعداد هذا الكتاب الذى نحاول أن نقدم فيه موضوعات تتناول علم المناخ التفصيلى والتطبيقى بشكل يعكس المجالات والأنظمة التى يشملها كما يقدم مجموعة من المعلومات الاساسية فى هذا العلم ويقترح الطرق التى يمكن أن يستفاد بها من هذه المعلومات، هذا بالإضافة إلى أننا نقدم فيه موضوعات تتناول علاقة المناخ بحياة وأنشطة الإنسان الذى يعيش على سطح هذا الكوكب. ومن هذا المنطلق فإن الكتاب يتألف من عشرة موضوعات تضمها عشرة فصول. خصص **الفصل الأول** منها لتحديد الأقاليم المناخية على سطح كوكب الأرض عن طريق تقديم وصف كمى للمناخ بهدف إلى تحقيق وصف دقيق للظروف المناخية التى يمكن أن تحدث عند أى مكان على سطح الأرض ضمن إطار علم المناخ الاقليمى التفصيلى. وفى **الفصل الثانى** درسنا أسس وعناصر المناخ التفصيلى، وفى **الفصل الثالث** عالجنا موضوعات فى المناخ الاقليمى التفصيلى وهو دراسة الظواهر الجوية فى وادى النيل وجنوب غرب آسيا بهدف التعرف على

خصائص هذه الظواهر وكيفية التوقع (التنبؤ) الجوى بها وطرق هذا التوقع. وفى **الفصل الرابع** كانت دراسة عناصر المناخ التطبيقى وذلك بغرض تسهيل دراسة التطبيقات المناخية العديدة. ويعالج **الفصل الخامس** تأثيرا المناخ على عناصر الوسط البيئى الطبيعى وهى المياه والتربة والنبات، بينما يتناول **الفصل السادس** تأثير المناخ فى حياة الإنسان من حيث راحته وصحته وتطبيق هذا التأثير على الإنسان فى بيئة دلتا النيل. ويعالج **الفصل السابع** تأثير المناخ على أنشطة الإنسان الاقتصادية من زراعة وصناعة ونقل ومواصلات وتطبيق ذلك أيضاً على بيئة دلتا النيل، ويدرس **الفصل الثامن** موضوع المناخ والسكن مع التركيز على بيئة الحضر أو بيئة المدن. وخصص **الفصل التاسع** لدراسة المشاكل المناخية من وجهة نظر جغرافية المناخ التطبيقى، وتبدو أهمية هذه الدراسة فى أنها محاولة لإبراز أهمية المعلومات المناخية وصلتها بنواحى الحياة. وأخيراً أهتم **الفصل العاشر** بدراسة ظاهرتين مناخيتين هامتين هما الانحباس الحرارى والتغيرات المناخية لما لها من علاقة وثيقة بحياة الإنسان وأنشطته.

وغنى عن البيان القول بأن المعلومات عن علم المناخ التفصيلى والتطبيقى - بالشكل الذى وردت به فى هذا الكتاب - تقوم على شرح الحقائق العلمية مما يستدعى من القارئ بذل المزيد من الجهد فى استيعاب تفصيلاتها، لذلك كان لابد أن يكتب المتن بأسلوب سهل، وعرض المعلومات والمفاهيم الاساسية عرضا مبسطاً ولكنه شاملاً للتصورات الحديثة فى ميدان الجغرافية المناخية بعامة وجغرافية المناخ التفصيلى والتطبيقى بخاصة. وقد زودنا الكتاب فى المواضع المناسبة بأشكال توضيحية وخرائط وأشكال بيانية وصور فوتوغرافية تعين القارئ على استيعاب مضمون الكتاب وفهم فحواه. ولا ندعى أننا قدمنا، فى هذا الكتاب، الجديد فى عالم التأليف، كما أننا لا ندعى أننا أضفنا إلى العلم نظريات جديدة، لأنه كتاب دراسى يعالج القواعد الأساسية وتفسير الحقائق والشواهد البارزة وتحليل السمات والمعالم المميزة للمناخ وعلاقته بحياة الإنسان وأنشطته على سطح الأرض. وسوف يتضح للقارئ أن الكتاب فى مادته العلمية يعتمد على كثير من أهم المراجع العربية والأجنبية التى عالجت وتعالج نفس موضوعات هذا الكتاب، وقد آثرنا عدم ذكر هذه المراجع فى الحواشى وأكتفينا بإلحاقها فى ثبت فى نهاية الكتاب ليرجع إليها من يريد التوسع فى البحث والتعمق فى الدراسة والوقوف على التفصيلات. ولا يقتصر ذلك على المتن فحسب، بل أن معظم الخرائط والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية قد نقلت من هذه المراجع بشئ من التصرف.

والكتاب بصورته الحالية وموضوعاته المحددة لا يبز أمثاله ولا يزاحم أقرانه، فى نفس الميدان، فمازال بالمكتبة الجغرافية العربية متسع لاستيعاب هذا الكتاب على الأقل لمجرد تنويع وتعدد المراجع أمام القارئ العام والطالب فى المرحلة الجامعية الأولى والباحث المتخصص فى ميدان علم المناخ التطبيقى بصفة عامة، لينهل منها الجميع كل حسب احتياجه. وأود هنا أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من شجعنى وعاوننى على اخراج هذال الكتاب ومراجعة أصوله ، وأخص بالشكر اساتذتى وزملائى بقسم الجغرافيا بكلية الأداب - جامعة الاسكندرية الذين أفدت كثيراً من توجيهاتهم السديدة وارشاداتهم القيمة، كما أود هنا أن أزجى الشكر للحاج صابر عبد الكريم صاحب دار المعرفة الجامعية بالاسكندرية على تفضله بطباعة ونشر هذا الكتاب. وشكرى الجزيل وامتنانى العظيم إلى زوجتى التى كانت تخفف الأعباء وتهون الصعاب وتعين على الصبر، وأولادى الذين طوقوا جهدى بجهودهم ولولاهم وبدون تشجيعهم ومساعدتهم لما رأى هذا العمل النور.

وبعد، أرجو أن يحقق هذا الكتاب الغرض الذى استهدفته، وأن يكون لبنة أضعها فى هذا المجال واسهاماً منا فى انماء الدراسات الجغرافية المناخية، وأن يجد المهتمون بمثل هذه الدراسات من جغرافيين وغيرهم الفائدة التى أرجوها لهم، كما أرجو أن أكون قد وفقت فى حمل جزء من الرسالة التى تتعهدها الجامعة، وفى الوفاء بجزء مما أدين به للعمل الذى أضطلع بأعبائه، وقد بذلك قصارى الجهد، وما أتوقع الكمال - فهو لله وحده - أستمد منه العون والرشاد، وأبتغى من فضله التوفيق والسداد، له الحمد والتمجيد كما يرضى، وأساله من خير ما حتم وقضى، عليه التوكل، وبه نستيعين، وعليه قصد السبيل.

الاسكندرية - ثروت　　　　　　　　**دكتور فتحي عبد العزيز أبو راضي**

اول يناير ٢٠٠٦

الفصل الأول

أقاليم العالم المناخية

أقاليم العالم المناخية

مقدمة:

يعد المركب المناخى وليد تفاعل مجموعة من العناصر، التى تنجم عن فعل عوامل عديدة. ولما كانت تلك العناصر تختلف مكانياً، واختلافها هذا انعكاس لدرجة قوة فاعلية هذا العامل أو ذاك الذى يعد مسئولاً عن وجود هذا العنصر أو غيره. والهدف من تصنيف العالم وتقسيمه إلى أقاليم مناخية - كل إقليم يختلف عن غيره - هو تسهيل الدراسة من ناحية، ومن ناحية أخرى التمكين من تحديد التباينات الدقيقة ما بين أجزاء تلك الأقاليم التى تبتعد عن التجانس المطلق داخل حدودها المناخية الكبرى. والتصنيف المناخى هو الأساس الذى يمكن أن يعتمد عليه صناع القرار فى عمليات التخطيط السليم لتنفيذ برنامج اقتصادى ما أو عند إجراء تنمية فى منطقة ما.

ومما لا ريب فيه أن التصنيف المناخى يشكل ركيزة من ركائز علم المناخ التطبيقى. خاصة إذا أدركنا أن معظم العلماء الذين يقومون بتصنيف العالم إلى أقاليم مناخية انطلقوا فى رسم الحدود المناخية للأقاليم التى اقترحوها من تأثير المناخ على جوانب البيئة المختلفة. فتارة كان النبات منطلقهم الأساسى فى رسم الحدود المناخية (كوبن، دومارتون، ميلر)، وتارة أخرى كان الإنسان - من حيث مناسبة المناخ لراحته - منطلقاً فى ذلك (بيلى)، بينما انطلق آخرون من العلاقة بين الحاصلات الزراعية والظروف المناخية (ثورنثويت)، وهو ما له من علاقة أيضاً بالإنسان وحياته. وسوف نستعرض فى هذا الفصل التصنيف الأخير، وهو تصنيف ثورنثويت نظراً لأهميته الخاصة فى علمى المناخ التفصيلى والتطبيقى معاً.

أقاليم العالم المناخية حسب تصنيف ثورنثويت

أقترحت فى الآونة الأخيرة نظماً تجريبية عديدة من أجل عمل تصنيفات مناخية اقليمية. ويرجع تعدد تلك النظم إلى الطبيعة المعقدة للمناخ وكذلك إلى العدد الكبير من العوامل أو العناصر التى يمكن اختيارها وكذلك القيم الحدية الممكنة فى تأسيس النظام. فكانت هناك على سبيل المثال محاولات لعمل نظام تصنيفى قائم على أساس الطاقة السطحية وتدفقات الرطوبة. وكانت الأقاليم الناتجة تركز على عوامل المناخ العاملة فى

اقليم معين. غير أنه نظراً لأن المناخ هو عبارة عن ظواهر متغيرة فى الوقت والمكان فقد كان صعباً للغاية تحديد مجموعة من القيم الحدية المعينة التى يمكن أن تعد ملائمة للمناخ وبشكل محدد. ومن هنا فإن معظم النظم قد صممت على أساس أهداف أو تطبيقات معينة سوف تستخدم من أجلها، فكانت هذه الأهداف أو التطبيقات تملى اختيارات القيم الحدية المستعملة. وعلاوة على ذلك فإن التطبيقات التى يصاغ التصنيف من أجلها كثيراً ما تفرض درجة تعقيد نظام التصنيف نفسه. فعلى أحد الجانبين هناك نظم التصنيف الاقليمية البسيطة والقائمة على أساس عامل مناخى واحد، ومثل هذه التصنيفات نادراً ما ينظر اليها على أنها تصنيفات حقيقية، بل بالأحرى تعد هذه التصنيفات عبارة عن خرائط اقليمية محددة الغرض. بينما على الجانب الآخر، هناك نظم تصنيف تشمل عددا من العوامل المناخية. ولعل من أكثرها شهرة ذلك التقسيم المعروف بالتصنيف «المنطقى» والمقترح بواسطة ثورنثويت Thornthwaite . فقد افترض أن التوازن المائى السطحى هو العامل أو الخاصية المفردة الأكثر أهمية من العوامل المناخية فى أى مكان. ويعتمد هذا التوازن المائى ليس فقط على التساقط والتبخر فى وقت ما، بل أيضاً على تفاوتاتهما الموسمية. ولقد نتج عن هذا التصنيف ظهور «الدليل الرطوبى Moisture Index» كأحد المتغيرات المهمة فى النظام. ثم تم بعد ذلك استنتاج القيم الحدية الهامة. والتصنيف الناتج هو تصنيف معقد إلى حد ما ولا يلائم المناطق الجافة Arid Areas بشكل تام. لذا فإن هذا التصنيف لم يستخدم بصورة مكثفة على مستوى كوكب الأرض. إلا أن خرائط الأنماط المناخية للأقاليم القارية الواقعة على دوائر العروض الوسطى تعكس – باستخدام رموز معينة – كماً ضخماً من المعلومات بالغة الأهمية بالنسبة للمجال الزراعى.

ونظراً للتطورات التى حدثت مؤخراً فى الأسس العلمية لعلم المناخ بسبب تحسن وسائل القياس المستخدمة فى الرصد الجوى وإنشاء محطات الرصد ووفرتها وتجميع بيانات ومعلومات الطقس، وقد أدى كل ذلك إلى التطور المشهود فى الدراسة المناخية وإعطاء صورة واضحة لمناخ العالم وتبايناته المختلفة. ومن الأهمية بمكان فى دراسة التصنيفات المناخية دراسة التوزيع الفصلى لعناصر المناخ، وهو ما اتبعه ثورنثويت فى تصنيفاته، إذ أنه اعتمد فى تحديد الأنماط المناخية على أساس كمى للعناصر المناخية التى ركز عليها، كما أنه اعتمد أيضا على النبات الطبيعى. فالتبخر الذى يحدث من سطح التربة والنتح الذى يخرج من النباتات يشكلان معا انتقال الماء من الأرض إلى الجو وهما عنصران أساسيان فى تصنيفى ثورنثويت الذى قام بوضعهما حيث، نشر الأول منهما فى

عام ١٩٣١ بينما نشر الثانى فى عام ١٩٤٨ . ويعتمد التصنيفان على نفس العناصر المناخية ولكن يختلف حساب هذه العناصر من أحدهما للآخر بما يجعل النتائج المستخلصة من كل منها مختلفة أيضا.

أولا- تصنيف عام ١٩٣١

يعتمد هذا التصنيف على أربعة عناصر رئيسية هى: القيمة الفعلية للمطر، وتوزيعه الفصلى، ثم القيمة الفعلية لدرجة الحرارة وتوزيعها الفصلى، وهذا التصنيف يشبه تصنيف كوبن فى محاولته تحديد حدود الأقاليم المناخية على أساس كمى، إلى جانب اعتماده أيضا على النبات الطبيعى، وبالإضافة إلى ذلك فهو يستخدم مجموعة من الرموز التى تدل على الأنماط المناخية، ولكنه يختلف عنه أساساً فى استخدامه للتعبير عن فاعلية المطر والحرارة.

(١) القيمة الفعلية للمطر

من الحقائق المعروفة أن الحياة النباتية والحيوانية لايمكنها أن تستفيد من كل المطر الساقط فوق سطح الأرض، لأن نسبة كبيرة جداً من الأمطار تضيع بوسائل شتى سواء عن طريق التصريف السطحى أو بواسطة التسرب ضمن شقوق القشرة الأرضية أو من خلال التبخر من التربة، وعلى هذا فإن القيمة الفعلية للمطر أى الكمية التى يستفاد منها، تتوقف على مقدار مايضيع منه بالطرق السابقة. ويعد تحديد القيمة الفعلية للمطر من المشاكل المعقدة، نتيجة للعلاقة الوثيقة بين كمية المطر (الرطوبة) الفعلية لنمو النبات من جهة والتبخر من جهة أخرى. وإستخدم ثورنثويت فى عام ١٩٣١م المعادلة التالية لحساب القيمة الفعلية للمطر:

$$\text{القيمة الفعلية للمطر} = ١١,٥ \left(\frac{\text{كمية المطر الشهرية بالبوصة}}{\text{متوسط درجة الحراة} - ١٠} \right)^{\frac{١٠}{٩}}$$

وفى حال إستخدام المقياس المئوى لدرجة الحرارة، فإن المعادلة تصبح على الشكل التالى:

$$\text{القيمة الفعلية للمطر الشهرى} = \left(\frac{\text{كمية المطر الشهرية}}{\text{متوسط درجة الحرارة الشهرية} + ١٢,٢} \right)^{\frac{١٠}{٩}}$$

وتحسب القيمة الفعلية للمطر السنوى عن طريق جمع القيمة الفعلية للمطر الشهرى خلال الاثنى عشر شهراً، ويمكن معرفة حالة المناخ والنوع النباتى اللازم له عن طريق

مقارنة قيم القيمة الفعلية للمطر السنوى مع التدرج التصنيفى الذى وضعه ثورنثويت جدول (١-١).

جدول رقم (١-١)

تدرج ثورنثويت التصنيفي لفاعلية المطر

القيمة الفعلية للمطر	النمط المناخي	الرمز	النموذج النباتي
أكثر من ١٢٨	رطب جدا	A	غابة مطيرة
٦٤ - ١٢٧	رطب	B	غابة
٣٢ - ٦٣	شبه رطب	C	أرض عشبية
١٦ - ٣١	شبه جاف	D	أستبس
أقل من ١٦	جاف	E	صحراء

ولقد اتخذ ثورنثويت القيمة ٤٨ للقيمة الفعلية للمطر الحد الفاصل بين المناخات الجافة والمناخات الرطبة.

التوزيع الفصلي للقيمة الفعلية للمطر:

نتيجة للاختلاف الشهرى فى درجة الحرارة السنوية وكمية المطر، فإننا نجد أن هناك تبايناً فى القيمة الفعلية للمطر تبعاً لفصلية المناخ. وهكذا نرى أنه لابد من التمييز بين أربعة أنواع فصلية للقيمة الفعلية للمطر، كما حددها ثورنثويت على النحو التالى: رطوبة مستمرة فى كل الفصول r، نقص فى الرطوبة فى الصيف s، نقص فى الرطوبة فى الشتاء w، نقص فى الرطوبة فى كل الفصول d.

ففى حالة إذا ماكانت قيمة القيمة الفعلية للمطر أكثر من ٤٨، فإن النمط (r) يحدث عندما تكون الفاعلية الفصلية القصوى أقل من نصف القيمة الكلية للفاعلية مالم تزد هذه الفاعلية على ١٢٨، وأما النمط (s) فإنه يتشكل عندما تكون القيمة الفعلية للمطر فى الشتاء أكثر من ١٦ أو أكثر من نصف الفاعلية الكلية التى يجب أن تكون أقل من ١٢٨.

وفى حالة إذا كانت الفاعلية الصيفية أكثر من ١٦ فالنمط المناخى يكون (w). وعندما يكون هناكنقص رطوبة فى كل الفصول (d) فإن القيمة الفعلية للمطر السنوى عندئذ تكون أقل من ٤٨ والفاعلية الفصلية لاتزيد على ١٦.

(٢) القيمة الفعلية لدرجة الحرارة

يشبه تأثير الحرارة تأثير الماء فى النبات، فالحرارة تؤثر فى كثير من العمليات الكيمياوية والطبيعية، كما تؤثر فى عمليات التمثيل الضوئى فى النبات. والأثر الفعلى للحرارة يكون معادلاً فى أهميته للأثر الفعلى للمطر. ولقد وضع «ثورنثويت» علاقة رياضية بسيطة لحساب فاعلية الحرارة مستخدماً فيها المتوسط الشهرى والسنوى لدرجة الحرارة، والعلاقة هى كالآتى:

$$\text{القيمة الفعلية لدرجة الحرارة الشهرية} = \frac{\text{المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة} - ٣٢}{٤}$$

حيث درجة الحرارة بالمقياس الفهرنيتى. وفى حال استخدام المقياس المئوى فإن المعادلة تصبح كالآتى:

$$\text{القيمة الفعلية لدرجة الحرارة الشهرية} = \frac{٩ \times \text{المتوسط الشهرى لدرجة الحرارة}}{٢٠}$$

ويمكن حساب القيمة الفعلية لدرجة الحرارة السنوية، إما عن طريق جمع الفاعليات الشهرية الاثنتى عشرة أو باستخدام العلاقة الآتية:

فاعلية الحرارة السنوية = ٥,٤ × المتوسط السنوى لدرجة الحرارة (م)°

وعلى أساس فاعلية درجة الحرارة السنوية ميز «ثورنثويت» بين ستة أقاليم حرارية تتراوح فيهما فاعلية الحرارة بين الصفر إلى أكثر من ١٢٨، وهى كالآتى:

القيمة الفعلية لدرجة الحرارة السنوية	النمط المناخي	الرمز
أكثر من ١٢٨	مدارى	A'
١٢٧ – ٦٤	معتدل	B'
٦٣ – ٣٢	بارد	C'
٣١ – ١٦	طايغا	D'
١٥ – ١	تندرا	E'
صفر	صقيع	F'

وتوجد أقل الشروط الحرارية لنمو النبات فى المنطقة القطبية، حيث تكون فاعلية الحرارة منخفضة جداً فى التندرا، وتعادل الصفر فى المنطقة الفاصلة بين النطاق القطبى والتندرا. أما أكثر الشروط الحرارية الملائمة لنمو النبات فتوجد فى المنطقة المدارية التى تصل فاعلية الحرارة فيها إلى ١٢٨ فأكثر (شكل : ١ – ١).

التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة

من المعروف علميا ان الفاعلية السنوية لدرجة الحرارة لاتعطى الصورة الحقيقية للحالة الحرارية فى منطقة من المناطق نتيجة للتباين فى درجة الحرارة على مدار السنة، إذ أنه من المتوقع أن يكون لمحطتين قيمة الفاعلية السنوية نفسها، ولكن المحطة الأولى تكون فيها معظم الفاعلية محصورة فى فصل الصيف، بينما نجد فى الأخرى العكس.

(التركيز الصيفى لفاعلية الحرارة = $\frac{\text{فاعلية الحرارة فى أشهر الصيف}}{\text{فاعلية الحرارة السنوية}} \times ١٠٠$)

(شكل رقم ١-١ أقاليم الحرارة والرطوبة (ثورنثويت ١٩٣١))

ويتراوح مدى التركز الصيفى بوجه عام بين ٢٥ – ١٠٠، وتختلف قيمته تبعاً لدرجة العرض والبعد عن البحر. وعلى أساس درجة التركز الحرارية، ميز «ثورنثويت» بين خمسة أقاليم مناخية حرارية، هى كالآتى:

نسبة التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة	النمط المناخي
٢٥ – ٣٤٪	a
٣٥ – ٤٩٪	b
٥٠ – ٦٩٪	c
٧٠ – ٩٩٪	d
١٠٠٪	e

وحسب درجة كفاية الفاعلية الحرارية لنمو النبات ميز «ثورنثويت» ثمانية أقاليم مناخية، وهى كالآتى:

أقاليم فيها كفاية حرارية		اقاليم ليس فيها كفاية حرارية	
A	غابة مطرية	D'	تايجا
B	غابة	E'	تندرا
C	أرض عشبية	F'	صقيع وثلج دائم
D	استبس		
E	صحراء		

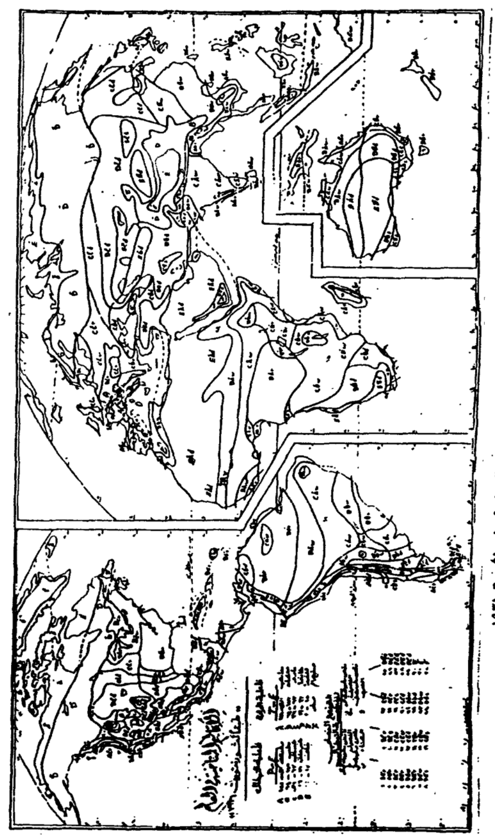
وفيما يلى جدول (٢ - ١) يبين الأقاليم المناخية تبعاً لعناصر التصنيف المختلفة وحسب الرموز المستخدمة:

جدول رقم (٢ - ١)

الأقاليم المناخية لثونثويت حسب عناصر التصنيف المختلفة

فاعلية المطر	فاعلية الحرارية	فصيلة المطر	فصيلة الحرارة
A	A	r	a
B	B	s	b
C	C	w	c
D	D	d	d
E	E		e
	F		

والشكل (٢ - ١) يوضح توزيع الأقاليم المناخية على سطح كوكب الأرض حسب تصنيف ثورنثويت الأول عام ١٩٣١.



(شكل رقم ٢ - ١) الأقاليم المناخية في العالم حسب تصنيف ثورنثويت ١٩٣١

ثانيا- تصنيف عام ١٩٤٨

إذا كان هذا التصنيف يتشابه مع التصنيف السابق في العناصر التي يعتمد عليها وهي: عنصر الرطوبة، عنصر الحرارة، التوزيع الفصلي للقيمة الفعلية للمطر (الرطوبة)، والتركيز الصيفي لفاعلية الحرارة. فإن التصنيفين مختلفان عن بعضهما بصورة واضحة. ففي التصنيف الأول (١٩٣٠) حددت الأنماط المناخية على أساس دراسة توزيع النبات والتربة ومظاهر التصريف المائي، بينما في التصنيف الجديد حددت المناخات بصورة رياضية والحدود وقعت تبعاً لمعلومات وقيم احصائية، والاختلاف يظهر أيضا نتيجة التغير في النظرة إلى دور النبات. فالدراسات المبكرة التي قام بها كوبن اتخذ النبات مؤشرا مناخيا مفسرا لكل العناصر المناخية بينما الدراسة الحالية تنظر إلى النبات على أنه عبارة عن أداة طبيعية وظيفتها نقل الماء من التربة إلى الجو، أي أن النبات يعد وسيلة للتبخر، كما أن الغيوم وسيلة للتساقط.

وتعد طاقة التبخر / النتح نقطة الأساس في تصنيف ثورنثويت الجديد، إضافة إلى أنه يعطي فكرة عن التوازن المائي عن طريق تحديدكمية النقص في الماء أو الفائض الذي يستخدم في شكل معادلة رياضية لتحديد دليل أو مؤشر الرطوبة.

طاقة التبخر / النتح Potential Evapotranspiration

لايمكن تحديد نوعية المناخ ما إذا كان جافاً أو رطباً من خلال معرفة التساقط فقط، بل يجب معرفة ما اذا كان التساقط أكبر أو أقل من احتياج الماء للتبخر والنتح، وإذا كانت أهمية كل من التساقط والتبخر/النتح تبدو متقاربة، وأن كانا يرجعان إلى أسباب مناخية مختلفة، فانهما يختلفان عن بعض سواء في الكمية أو في التوزيع الشهري والفصلي، ففي بعض الأمكنة نجد أن الأمطار الساقطة شهرياً تكون أكثر من التبخر من التربة واستهلاك النبات للماء، وبالتالي يوجد حينئذ فائض مائي، وهذا الفائض يتسرب إلى باطن الأرض أو يجري على شكل جداول وأنهار على سطح الأرض حتى البحر، بينما في أمكنة أخرى فإن الأمطار الساقطة شهرياً تكون أقل مما تستغله التربة في التبخر والنبات في النتح، وبالتالي لايوجد في هذه الحالة أي فائض مائي، بل يوجد نقص وانعدام في الجريان السطحي للماء، ماعدا المناطق التي تتميز بتربتها غير منفذة للماء.

وتعد طاقة التبخر/ النتح، حسب وجهة نظر ثورنثويت، عبارة عن كمية المياه التي تتبخر من التربة وتفقد من النباتات بوساطة النتح، فيما لو افترض وجود غطاء نباتي أخضر ومورد مياه دائم يمد التربة باستمرار وهذا المقدار الافتراضي لما يفقد من التربة

والنبات هو فى الواقع مقدار المياه اللازمة لمنطقة ما كى لايكون المناخ فيها جافاً. ويجب أن لانخلط بين التبخر/ النتح الفعلى وطاقة التبخر/ النتح. حيث أن التبخر/ النتح الفعلى هو قيمة حقيقة تتم فى الظروف العادية لمنطقة ما ويمكن قياسها، بينما طاقة التبخر/ النتح فهى قيمة افتراضية ونظرية ومثالية فمثلا يكون التبخر/ النتح قليلا فى منطقة صحراوية نباتها قليل، وقد يصل التبخر/ النتح إلى أقصاه فى منطقة تتميز بزيادة مواردها المائية.

ولما كانت طاقة التبخر/ النتح تختلف قيمتها باختلاف نوعية التربة والغطاء النباتى،ودرجة الحرارة، لذا فإن ثورنثويت قدر قيمة المياه التى تخزن فى منطقة الجذور فى التربة بأنها تتفاوت بين ٢٥ – ١٠٠ – ٤٠٠ ملم تبعاً لنوع التربة وعمقها وبنيتها. ولقد وضع «ثورنثويت» معادلة لحساب طاقة التبخر/ النتح وذلك بالاعتماد على متوسط الحرارة الشهرى والمعادلة هى الآتية:

$$\text{طاقة التبخر/ النتح} = ١,٦ \left(\frac{١٠ \times \text{المتوسط الشهرى للحرارى}}{\text{مجموع القيم الشهرية للمعامل الحرارى}} \right)^{ع}$$

حيث يحسب المعامل الحرارى من:

$$\text{المعامل الحرارى} = \left(\frac{\text{متوسط الحرارة الشهرى}}{٥} \right)^{١,٥١٤}$$

أما ع =

$$٠,٦٧٥١ \times ١٠^{-٦} \times I^{٣} + ٠,٧٧١١ \times ١٠^{-٤} \times I^{٢} \times ٠,١٧٩٢١ \times ١٠^{-٢} \times I + ٠,٤٩٢٣٩$$

حيث I هى المعامل الحرارى السنوى

(١) معامل الرطوبة

من الواضح الآن أنه ليس بالإمكان معرفة معامل الرطوبة، بمجرد مقارنة قيمة التبخر/ النتح من التربة والنبات مع التساقط، ولكن يجب أخذ طاقة التبخر/ النتح فى الحسبان نتيجة للدور الذى تلعبه والذى لايقل عن الدور الذى يقوم به التساقط، إذ أنه بمقارنة الأمطار مع طاقة التبخر/ النتح يمكن معرفة مدى الحاجة للماء، وما إذا كان

هناك نقص فى الماء أو زيادة، وعندئذ يكون المناخ رطباً أو التساقط جافاً. فعندما تكون كمية التساقط أكبر من طاقة التبخر/ النتح فعندئذ يكون هناك فائض من الماء، أما إذا كانت طاقة التبخر/ النتح أكبر من قيمة التبخر/ النتح الفعلى فالمنطقة يكون فيها عجز مائى، والزراعة تكون بحاجة إلى الرى. ولقد استخدم ثورنثويت كلاً من الفائض المائى والعجز المائى بجانب طاقة التبخر/ النتح للتعبير عن درجة الرطوبة والجفاف وذلك فى شكل معادلات رياضية كالآتى:

$$(1)\ (\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{كمية المياه الفائضة} \times 100}{\text{طاقة التبخر / النتح}})$$

$$(2)\ (\text{معامل الجفاف} = \frac{\text{كمية العجز فى المياه} \times 100}{\text{طاقة التبخر / النتح}})$$

فى حال انعدام التساقط فان معامل الجفاف يبلغ حده الأقصى، وعنده يكون العجز المائى معادلاً لطاقة التبخر/ النتح، ومعامل الجفاف يساوى ١٠٠ ٪. أما معامل الرطوبة فلايصل حده الأقصى الا عندما تكون كمية التساقط معادلة لضعف طاقة التبخر/ النتح. ونتيجة لتعاقب العجز المائى والفائض المائى فى فصول السنة المختلفة، فلقد أدخلهما ثورنثويت معاً فى حساب معامل الرطوبة. وعلى الرغم من أن الزيادة فى الماء فى فصل من الفصول لايمكنها أن تمنع العجز فى فصل آخر، لكن مايخزن من الماء فى التربة يعوض جزئياً هذا العجز. ولقد عد ثورنثويت أن الزيادة من المياه بمقدار ٦٠ ملم فى أحد الفصول يمكنها أن تعوض عجزاً مقداره ١٠٠ ملم فى فصل آخر.

وهكذا نجد أنه عند حساب معامل الرطوبة، فإن مؤشر الرطوبة يكون أكثر وزناً وأهمية من مؤشر الجفاف، حيث أن مؤشر الجفاف تشكل $\frac{6}{10}$ قيمة مؤشر الرطوبة، وعلى هذا الأساس فإن العلاقة الرياضية التى وضعها ثورنثويت لحساب معامل الرطوبة يكون على الشكل التالى:

$$(\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{المياه الزائدة} \times 100 - \text{العجز فى المياه} \times 60}{\text{طاقة التبخر / النتح}})$$

وعندما تكون قيم معامل الرطوبة ايجابية فالمناخ يكون عندئذ رطباً، وعندما تكون القيم سلبية فإن المناخ عندها يكون جافاً.

وفيما يلى أقاليم الرطوبة مع قيم حدودها تبعا للتدرج التصنيفى الذى وضعه ثورنثويت، عام ١٩٤٨:

معامل الرطوبة	النمط المناخي	الرمز	
١٠٠ فأكثر	رطب جدا	A	
٨٠ – ١٠٠	رطب	B_4	B
٦٠ – ٨٠	رطب	B_3	B
٤٠ – ٦٠	رطب	B_2	B
٢٠ – ٤٠	رطب	B_1	B
٢٠ – صفر	شبه رطب (مائل للرطوبة)	C_2	C
صفر إلى – ٢٠	شبه رطب (مائل للجفاف)	C_1	C
‎-٢٠ – ٤٠	شبه جاف	D	C
‎-٤٠ إلى – ٦٠	جاف	E	C

وتعد الأنماط المناخية السابقة هى نفس الأنماط التى حددها وقدمها ثورنثويت فى تصنيفه السابق فى عام ١٩٣١ ولكن بينما اعتمد فى وضع الحدود فى التصنيف السابق على الطريقة الوصفية المعتمدة على دراسة النبات والتربة ونماذج التصريف المائى، فإن الحدود فى التصنيف الجديد هى حدود منطقية اعتمد ثورنثويت فى وضعها على العلاقة مابين التبخر/النتح والتساقط. وعلى الرغم من ذلك هناك علاقة بين معامل الرطوبة حسب التصنيف الجديد ومعامل الرطوبة فى التصنيف القديم وهذه العلاقة تتحدد من المعادلة التالية:

(معامل الرطوبة القديمة = ٠,٨ × معامل الرطوبة الجديدة – ٤٨)

التباين الفصلي لفاعلية الرطوبة:

من المهم معرفة فصلية المناخ حين نقوم بدراسة المناخ فى منطقة من المناطق. فكثيراً مايتعاقب فصل الجفاف مع فصل الرطوبة، وإذا كانت هناك مناطق يسيطر عليها الجفاف باستمرار فلاشك أن هناك فصلاً يكون أقل جفافا من غيره.

ولقد استخدم ثورنثويت معاملات الجفاف والرطوبة لتحديد فصلية المناخ؛ ففى المناخات الرطبة والتى تكون معامل الرطوبة فيها أكثر من الصفر، استخدم مؤشر الجفاف لمعرفة نوعية العجز المائى الموجود، أما فى المناخات الجافة (C, D,E) التى

ينخفض فيها معامل الرطوبة عن الصفر، فعد ثورنثويت مؤشر الرطوبة خير مايدل على نوعية الفائض المائى. وأشار ثورنثويت إلى فصلية الرطوبة برموز معينة.

وفيما يلى التدرج التصنيفى لفصلية الرطوبة الذى وضعه «ثورنثويت» فى حالة المناخات الرطبة والجافة، مع الحدود المناخية الفاصلة بين نوع وأخر (جدول : ٣-١).

(جدول رقم : ٣-١)

التدرج التصنيفي لفصلية الرطوبة والأنواع المناخية المرتبطة بها

١- المناخات الرطبة $A.B.C_2$	الرمز	مؤشر الرطوبة
كمية العجز فى المياه قليلة أو معدومة	r	صفر إلى ١٦,٧
عجز متوسط فى الصيف	S	١٦,٧ - ٣٣,٣
عجز متوسط فى الشتاء	w	١٦,٧ - ٣٣,٣
عجز كبير فى الصيف	S_2	أكثر من ٣٣,٣
عجز كبير فى الشتاء	W_2	أكثر من ٣٣,٣
٢- المناخات الجافة $C_1.D.E$	**الرمز**	**مؤشر الرطوبة**
كمية المياه الزائدة قليلة أو معدومة	d	صفر إلى ١٠
زيادة متوسطة فى الشتاء	S	١٠ - ٢٠
زيادة متوسطة فى الصيف	W	١٠ - ٢٠
زيادة كبيرة فى الشتاء	S_2	أكثر من ٢٠
زيادة كبيرة فى الصيف	W_2	أكثر من ٢٠

وهكذا يتضح أن هناك عشرة أقاليم مناخية تبعاً لفصلية الرطوبة.

(٢) القيمة الفعلية لدرجة الحرارة:

يعد ثورنثويت طاقة التبخر/ النتح مقياساً لفاعلية الحرارة من جهة، وللترابط مابين درجة الحرارة ودائرة العرض من جهة أخرى، فإن طاقة التبخر/ النتح تصبح كما

ذكرنا سابقاً بالنسبة لطول النهار. ولما كانت فاعلية نمو النبات لاتتوقف فقط على درجة الحرارة، ولكنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية الماء اللازمة لتحقيق نمو أفضل، فإن فاعلية الحرارة تقاس بالوحدات المستعملة نفسها فى قياس فاعلية الرطوبة.

وبوجه عام فإن أقل التباينات الفصلية فى درجة الحرارة تتمثل فى المنطقة الاستوائية التى يزيد متوسط الحرارة السنوى فيها على ٢٣°م، وكلما ابتعدنا عن خط الاستواء تبرز الاختلافات الفصلية بشكل واضح ويتدنى المتوسط السنوى للحرارة لينخفض دون ٢١° عند الحد الجنوبى للنطاق المعتدل الذى يتباطأ فيه النمو شتاء وتزداد الحاجة للماء فى فصل الصيف. ونتيجة للحسابات التى قام بها ثورنثويت فى النطاق الاستوائى، فإن طاقة التبخر/ النتح (فاعلية الحرارة) بلغت هناك ١١٤سم، ولقد عدت هذه القيمة على أنها الحد الفاصل بين المناخات الحارة والمعتدلة.

وتشابه الأنماط المشتقة من فاعلية الحرارة تلك الأنماط المستمدة من معامل الرطوبة حتى انه يشار إليها برموز مشابهة. وفيما يلى المناخية التى حددها «ثورنثويت» تبعاً لقيم فاعلية الحرارة (طاقة التبخر/ النتح) فى تصنيفه الجديد لعام ١٩٤٨ (جدول :-٤-١).

جدول رقم (٤-١)

القيمة الفعلية لدرجة الحرارة والأنماط المناخية لثورنثويت عام ١٩٤٨

القيمة الفعلية لدرجة الحرارة سم	طاقة التبخر / النتح بوصة	النمط المناخي	الرمز	
أكثر من ١١٤,٥	أكثر من ٤٤,٨٨	حار	A	
٩٩,٧ – ١١٤,٥	٣٩,٢٧ – ٤٤,٨٨	معتدل	B	B_4
٨٥,٥ – ٩٩,٧	٣٣,٦٦ – ٣٩,٢٧	معتدل	B	B_3
٧١,٢ – ٨٥,٥	٢٨,٠٥ – ٣٣,٦٦	معتدل	B	B_2
٥٧,٠ – ٧١,٢	٢٢,٤٤ – ٢٨,٠٥	معتدل	B	B_1
٤٢,٧ – ٥٧,٠	١٦,٨٣ – ٢٢,٤٤	بارد	C	C_1
٢٨,٥ – ٤٢,٧	١١,٢٢ – ١٦,٨٣	بارد	C	C_2
١٤,٢ – ٢٨,٥	٥,٦١ – ١١,٢٢	تندار	D	
أقل من ١٤,٢	أقل من ٥,٦١	صقيع	E	

التركز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة

بما أن طول اليوم يكون ثابتاً إلى حد ما فى شهور السنة المختلفة، وحيث أن درجة الحرارة قليلة التغير، فإن الإختلافات الفصلية فى طاقة التبخر/ النتح تكون قليلة جداً فى المنطقة الاستوائية. ولذلك فإن التبخر/ النتح فى أى ثلاثة أشهر متتالية تكون مساوية ٢٥ ٪ من طاقة التبخر/ النتح السنوية. ومن جهة أخرى فإن فصل النمو فى المناطق القطبية يكون قصيراً ومحصوراً فى أشهر الصيف الثلاثة، ولذلك فإن طاقة التبخر/ النتح فى تلك الأشهر تساوى ١٠٠ ٪ من الطاقة السنوية، وبين هذين الحدين، فإن طاقة التبخر/ النتح تتناقص من المناخات الحارة إلى المناخات المتجمدة (E) وأن الجزء الذى يكون متركزاً فى فصل الصيف يتزايد بالاتجاه نفسه من ٢٥ ٪ إلى ١٠٠ ٪. ويبدو أن التركيز الصيفى للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة متناسب بصورة عكسية مع لوغاريتم طاقة التبخر/ النتح السنوية، كما يظهر من المعادلة الآتية.

(التركز الصيفى للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة = ١٥٧,٧٦ - ٦٦,٤٤ × لو طاقة التبخر/ النتح السنوية «بوصة»)

كما يمكن أن يحسب التركز الصيفى من العلاقة بين طاقة التبخر/ النتح فى الصيف والطاقة السنوية.

حيث:

التركز الصيفى للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة =

$$\frac{\text{طاقة التبخر / النتح فى فصل الصيف}}{\text{طاقة التبخر / النتح السنوية}} \times ١٠٠$$

وبناء على ذلك ميز «ثورنثويت» بين أربعة أنماط مناخية رئيسية كل منها تحتوى على نسبةمعينة من التركز الصيفى، وهذه الأنماط المناخية هى كالآتى تبعاً لقيمة التركز الصيفى (جدول: ٥-١).

هذا ومن الممكن أحيانا أن نجد التطابق مفقود مابين النمط المناخى الناتج من التركز الصيفى والنمط الناتج من الفاعلية الحرارية السنوية. فمثلا نجد أنه فى سان فرانسيكو تبلغ طاقة التبخر/ النتح فيها نحو ٢٧,٠٩ بوصة، ونسبة التركز الصيفى تعادل ٣٣,٣ ٪، فالمناخ فيها يكون حاراً (a)، بينما يكون من النمط المعتدل الأول (B_1) بالنظر إلى فاعلية الحرارة السنوية، وسان فرانسيسكو مثال للمناخ البحرى.

جدول رقم (٥-١)

التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة

والأنماط المناخية لثورنثويت عام ١٩٤٨

التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة %	النمط المناخي	الرمز	
أقل من ٤٨,٠٪	حار	a	a
٤٨,٠ – ٥١,٩	معتدل ٤	b	b_4
٥١,٩ – ٥٦,٣	معتدل ٣		b_3
٥٦,٣ – ٦١,٦	معتدل ٢		b_2
٦١,٦ – ٦٨,٠	معتدل ١		b_1
٦٨,٠ – ٧٦,٣	بارد ٢	c	c_2
٧٦,٣ – ٨٨,٠	بارد ١		c_1
أكثر من ٨٨,٠	تندار	d	

وتجدر الإشارة هنا إلى أن ثورنثويت قام فى عام ١٩٥٥ بتقنيح تصنيفه الجديد لعام ١٩٤٨، مدخلاً بذلك عليه بعض التغييرات الطفيفة، ذلك أن عنصر التعويض المائى تتغير درجته من مكان إلى آخر تبعاً لكمية الرطوبة الفصلية فى التربة والتى يلعب التبخر دوراً كبيراً فى تحديد كميتها ولهذا أعطى الغطاء النباتى ونوع التربةأهميته فى ذلك وألغى عنصر التعويض، بحيث أصبحت معادلته لحساب معامل رطوبة مكان ما، على الشكل التالى:

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{المياه الزائدة – العجز فى المياه}}{\text{طاقة التبخر / النتح}} \times ١٠٠$$

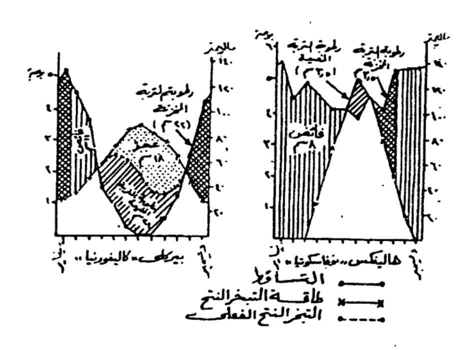
وهذا ما أدى إلى حدوث تغيير فى حدود أقاليمه المناخية (أقاليم الرطوبة) بحيث أصبحت على الشكل التالى (جدول: ٦-١).

جدول رقم (٦-١)

معامل الرطوبة وطاقة التبخر/ النتح والأنماط المناخية المرتبطة بهما

معامل الرطوبة	النمط المناخي		طاقة التبخر/ النتح (سم)	النمط المناخي (فاعلية الحرارة)
١٠٠ فأكثر	رطب جدا	A	أكثر من ١١٤	A
١٠٠ – ٢٠	رطب	(B1-B4)	١١٤ – ٥٧	B1-B4
٢٠ – صفر	شبه رطب (مائل للجفاف)	C2	٥٧ – ٢٨,٥	C1 - C2
صفر إلى – ٣٣	شبه رطب (مائل للرطوبة)	C1		
–٣٣ إلى ٦٧	شبه جاف	D	٢٨,٥ – ١٤,٢	D
–٦٧ إلى – ١٠٠	جاف	E	أقل من ١٤,٢	E

ومما لاشك فيه أن حساب التوازن المائى لمنطقة ما يعطى الدليل الصحيح عن امكانات تلك المنطقة الاقتصادية (شكل ٣–١).



(شكل رقم ٢ - ١) : توازن الرطوبة في بعض محطات العالم حسب مفاهيم ثورنثويت

يتضح من العرض السابق لتصنيف «ثورنثويت» أنه يعطى وزناً أكبر للأحوال السائدة فى فصل الصيف، حيث أن قيمة طاقة التبخر/ النتح تزداد زيادة كبيرة إذا ارتفعت درجات الحرارة، بينما تصل طاقة التبخر/ النتح إلى الصفر، إذا انخفضت درجة الحرارة إلى درجة مئوية واحدة، ومعنى هذا أن الصيف هو مركز الثقل فى النتائج النهائية بخاصة فى العروض المعتدلة حيث ترتفع حرارة الصيف فى حين تنخفض حرارة الشتاء انخفاضاً كبيراً إلى مادون الصفر. ومن عيوب هذا التصنيف أنه فى المناطق التى يسقط مطرها فى الصيف إذا قورنت كمية المطر بكمية التبخر/ النتح فإن العجز سيكون قليلاً لأن المطر يزداد فى الوقت نفسه الذى تزداد فيه كمية التبخر/ النتح وبذلك يقل العجز أو ينعدم.

وتبدو المناطق ذات المطر الصيفى أكثر رطوبة فى حقيقتها تبعاً لمفاهيم ثورنثويت كما هى الحال فى شرق الولايات المتحدة الأمريكية. وعكس هذا تماما يحدث فى المناطق ذات المطر الشتوى، إذ أن الحرارة ترتفع فى فصل الصيف، وترتفع قيمة التبخر/النتح تبعاً لذلك، بينما لايوجد مطر، وهذا يؤدى إلى زيادة العجز المائى وبالتالى تبدو المناطق ذات المطر الشتوى أكثر جفافاً من حقيقتها.

وبمقارنة تصنيف كوبن مع تصنيف ثورنثويت، نجد أن كوبن يعتقد أن القيمة الفعلية للمطر تكون أكثر إذا سقط فى فصل الشتاء عندما تنخفض الحرارة ويقل التبخر والعكس صحيح. بينما نجد أن ثورنثويت يعتقد أن المناخ يكون رطباً إذا توافق فصل الحرارة المرتفعة مع فصل المطر الغزير، أو بمعنى آخر أن المناخ يكون رطباً إذا سقط فيه المطر عندما تشتد الحاجة إليه. غير أنه مهما قيل عن تصنيف ثورنثويت وما به من عيوب فانه لاشك يتفوق على تصنيف كوبن ومعظم التصنيفات المناخية الأخرى، إذ أنه يعطى قيماً مستمرة فوق سطح الأرض للحرارة والرطوبة، علاوة على أنه ينتج عنه أقاليم عديدة على حين يعطى تصنيف كوبن ثلاثة أقاليم فقط فى حالة الرطوبة.

وبالإضافة إلى ما سبق فإن العناصر التى أعتمد عليها ثورنثويت في تصنيفه تعطى فكرة واضحة عن التوازن المائى، كما توضح بجلاء درجة الكفاية المائية للمحاصيل الزراعية، وذلك من خلال تحديد كمية الفائض المائى والعجز فى كمية المياه، وهذا يساعد على معرفة درجة التعويض فى مناطق المطر الفصلى وبالتالى مدى قدرة نجاح زراعات معينة فى فصل الجفاف تبعاً لدرجة التعويض. ومهما يكن من أمر فإن فكرة التوازن المائى التى وضعها ثورنثويت تعد من الأركان الهامة فى الدراسات الهيدرولوجية الحديثة كما تعد أساساً للقيام بأى تخطيط اقتصادى زراعى.

من هذا العرض والمقارنة بين بعض التصنيفات المناخية، يتضح لنا أنه لايوجد تصنيف واحد متكامل يفي بجميع الأغراض التي يتطلبها الجغرافيون. فنحن نحتاج إلى تصنيف بسيط مثل تصنيف كوبن، وتصنيف يعتمد على عناصر المناخ بالتفصيل مثل تصنيف ثورنثويت. وتصنيف غير معقد بحيث يعطي نتائج دقيقة مثل تصنيف بيلي غير أن أحداً لم يتوصل حتى الآن إلى مثل هذا التصنيف المتكامل. إلا أن الأمل مازال معقوداً لتحقيق هذا الهدف في المستقبل إذا استمرت الدراسات المناخية في تقدمها في هذا الفرع من فروع علم المناخ.

وبناء على العرض السابق لأسس التصنيف المناخي وطرقه والتصنيفات المناخية المشهورة يتضح لنا أن أنواع المناخ المختلفة (شكل رقم :٤ - ١) هي نتيجة لنظام الحرارة والرطوبة وتوزيعاتهما الفصلية (شكل رقم : ٥ - ١) ومايرتبط بذلك من غطاء نباتي طبيعي. وتبعاً لذلك فإنه يمكن أن نقسم العالم إلى أربعة أقاليم مناخية رئيسية تنقسم كل منها إلى أقاليم مناخية فرعية مميزة وذلك على النحو التالي.

أقاليم العالم المناخية

أولاً: الأقاليم الإستوائية والمدارية:

وهذه تتميز بإرتفاع درجة الحرارة طوال العام، كما أنها تخضع لسيطرة الكتل الهوائية الإستوائية والمدارية. وتشمل هذه الأقاليم كل المناطق الواقعة بين نطاقي الضغط المرتفع فيما وراء المدارين ونطاق الضغط المنخفض الإستوائي ونطاق هبوب الرياح التجارية الشرقية. وأهم الظواهر المناخية لهذه الأقاليم هي شدة الإشعاع الشمسي طوال العام. ويشمل هذا النوع من الأقاليم الآتية:

١ - المناخ الإستوائي أو المداري الدائم الممطر.

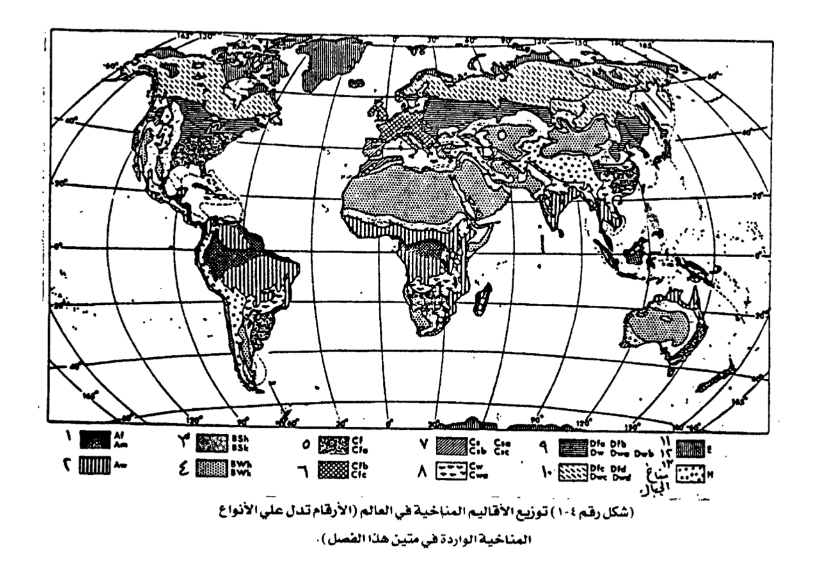
٢ - المناخ المداري ذو الفصل الجاف.

٣ - المناخ الموسمي.

٤ - المناخ المداري الجاف وشبه الجاف.

ثانياً: الأقاليم دون المدارية والمعتدلة:

تتمثل هذه الأقاليم في العروض الوسطى في نصفي كوكب الأرض والتي تتميز بتقابل الكتل الهوائية الدفيئة بالكتل الباردة، وفصول السنة فيها توصف بأنها دفيئة أو باردة أكثر من كونها رطبة أو جافة. كما تتميز بالتغيرات الحرارية من فصل لآخر



(شكل رقم ٤-١) توزيع الأقاليم المناخية في العالم (الأرقام تدل علي الأنواع المناخية الواردة في متين هذا الفصل).

وكذلك بكثرة الأعاصير التى تسبب الأمطار. ويسيطر على هذه الأقاليم الكتل الهوائية القطبية القارية والبحرية. ويشمل هذا النوع المناخى الأقاليم الفرعية الآتية:

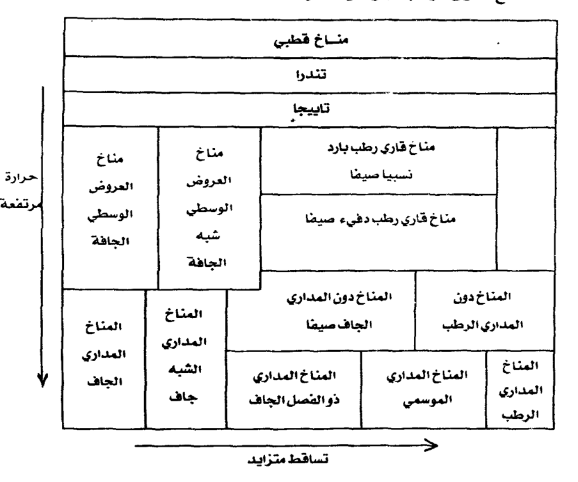
٥- المناخ دون المدارى الجاف صيفاً.

٦- المناخ دون المدارى الرطب.٧- المناخ البحرى.

٨- مناخ العروض الوسطى الجاف وشبه الجاف.

٩- المناخ القارى الرطب الدافىء صيفاً.

١٠- المناخ القارى الرطب البارد نوعا صيفاً.



(شكل رقم ٥ - ١) العلاقة بين التساقط والحرارة وتوزيع الأقاليم المناخية

ثالثاً: أقاليم المناخ البارد:

أهم خصائص هذا المناخ هو البرودة نتيجة إختلافات فى الخصائص الحرارية والتساقط، كما أن أقاليم هذا المناخ تقع تحت تأثير الكتل الهوائية الباردة لقربها من القطب. وأنواع هذا المناخ ثلاثة وهى:

١١-المناخ دون القطبى (التابيجا)

١٢- التندرا.

١٣- المناخ القطبى.

رابعاً: الأقاليم التي يسيطر عليها عامل الارتفاع (مناخ المرتفعات)

يسود هذا النوع من المناخ فى المناطق الجبلية العظيمة الارتفاع مثل السلاسل الجبلية الالتوائية (جبال الروكى والانديز، الهيملايا والألب) ومايتصل بها من هضاب وسلاسل ألبية حديثة . وأهم خصائص هذا النوع من المناخ هو تنوع نطاقاته على الجبال ويتوقف ذلك على إرتفاع الجبال ومواقعها بالنسبة لدوائر العرض ونظام التضاريس المحلية.

والتقسيم السابق يعتمد كما هو واضح اعتماداً كبيراً على درجة الحرارة والتساقط وتوزيعها الفصلى وعلاقة ذلك بالغطاء النباتى الطبيعى، وعلى الرغم من أن مثل هذا التقسيم يعتمد تحديده على عمليات حسابية دقيقة تحدد العديد من الأنواع المناخية الفرعية إلا أنه يساعدنا على التعرف ودراسة أنماط المناخ الرئيسية مما يؤكد وجود نسق أو نظام لأنواع المناخ على سطح كوكب الأرض.

الفصل الثاني

المناخ التفصيلي

المنــاخ التفصيلي

مقدمة:

لقد ناقشنا فى الجزء الأول من هذا المؤلف «الأصول العامة فى الجغرافية المناخيه - مبادئ وأسس نظرية، أنماط المناخ العام على مقياس كوكب الأرض من خلال علاقة المناخ العام Microclimate بالظروف القياسية التى تتعرض لها أية منطقة بهدف التقليل من آثار البيئة المحلية بتفاصيلها الدقيقة الى أقل ما يمكن، وكان استعراضنا لأهم العناصر المناخية التى لها أهمية كبيرة فى كافة مظاهر البيئة العامة، والتى تنظم خطوطها العامة. ويعد ذلك الاستعراض منطلقا لدراسة مدى تأثر البيئة بتلك العناصر جملة وتفصيلاً، غير أنه بالنسبة لمعظم القضايا التطبيقية فى الجغرافية المناخية فأن معرفة المناخ العام لم تعد كافية، ذلك أن المعدلات التى يعتمد عليها المناخ العام لا تعطى صورة دقيقة لما هو موجود فعلا فى الطبيعة، حيث أنها تهمل كثيراً من التفاصيل المهمة التى لها آثاراً واضحة على حياة النبات والإنسان والحيوان، خاصة وأن المعلومات التى يقدمها المناخ العام هى نتاج قياسات أجهزة الرصد الموضوعة على ارتفاع ١,٥ متر فوق مستوى سطح الأرض، إلا أن الظروف الجوية فى المدى المحدود الذى يوجد فوق سطح التربة له أهمية كبيرة من الناحيتين النظرية والتطبيقية، وليس المقصود من ذلك أن المناخ التفصيلى يهتم بدراسة هذا المجال المحدود، بل نجده يتعدى ذلك بكثير فى المحلات العمرانية والحقول الزراعية.

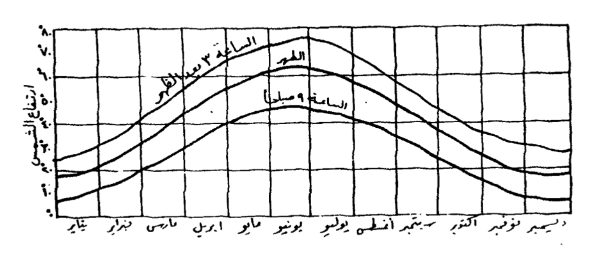
ومن المعروف الآن أن الاختلافات فى الظروف المحلية يمكنها أن تخلق مناخات متميزة ضمن المناخ العام السائد؛ ففى نهار حار، يمكن أن تتضح الصورة لو قارنا الحالة فيما اذا كنا سائرين على سطح اسفلتى فى منطقة حضرية بالحالة التى تبدو أثناء وقوفنا على أرض عشبية. فالانعكاس والامتصاص والسعة الحرارية وصفات طبيعية أخرى فى البيئة المتنوعة تلعب كلها دوراً رئيسياً فى تحديد المناخ التفصيلى السائد Microclimate. فدراسة مناخ المدن أو مناخ التجمعات السكنية، ومناخ الغابات والمزارع مهما قل حجم كل منها. ومناخ سطح التربة، ومناخ أى وحدات مكانية لها ظروف محلية (الوادى، الجبل) كل ذلك يدخل ضمن دراسة المناخ التفصيلى. حيث يهتم المناخ التفصيلى بدراسة الأحوال المناخية التفصيلية لمساحات صغيرة ومحدودة، وذلك على مستوى المجال المتأثر بتفاصيل معالم سطح الأرض الطبيعية والبشرية المتباينة .

ويعد الكتاب الذى نشره Geiger لأول مرة عام ١٩٢٧ بعنوان «المناخ قرب سطح الأرض The Climate Near the Ground، والذى أعيد طبعة عدة مرات، ونقل الى أكثر من لغة، من أهم ما كتب عن المناخات التفصيلية رغم قدمه.

وفى هذا الفصل سنعالج العناصر المناخية الأكثر أهمية فى المناخات التفصيلية واختلافاتها باختلاف الظروف المحلية للمنطقة، وما له من أهمية فى الجوانب التطبيقية المختلفة.

١- الإشعاع، سطوع الشمس، والحرارة:

تتأثر كمية الأشعة الشمسية وشدتها التى يتلقها سطح جسم ما بزاوية سقوط هذه الاشعة الى ذلك الجسم. ففى نصف الأرض الشمالى مثلاً، نرى أن المنحدرات المواجهة للشمال تتلقى كمية من الأشعة أقل بكثير من تلك التى تتلقاها المنحدرات المواجهة للجنوب. فالمنحدر المواجه للشمال فى منطقة تقع على دائرة عرض ٥٠° درجة شمالاً، اذا ما كانت درجة ميل هذا المنحدر تزيد عن ٤٠ درجة، فأنه لا يتلقى أية أشعة شمسية مباشرة خلال فترة فصل الشتاء. وحتى أثناء فترة فصل الصيف فأن الأشعة الشمسية لا تسقط مباشرة على ذلك المنحدر إلا فيما بين الساعة التاسعة صباحاً والثالثة بعد الظهر(شكل رقم ١-٢). ولقد استخدمت هذه المعرفة استخداماً ناجحاً فى قيام بعض الزراعات، وهذا ما يتضح فى وادى الراين حيث تقوم مزارع الكروم على المنحدرات الشديدة الميل المواجهة للجنوب والجنوب الغربى. ذلك أن ما يتلقاه سطح أفقى من الاشعاع الشمسى فى تلك العروض لا يكفى لنجاح زراعة هذا المحصول.



(شكل رقم: ١-٢)

ارتفاع الشمس عند درجة عرض ٥٠ شمالا. أثناء الظهيرة والساعة ٩ صباحا و٣ بعد الظهر

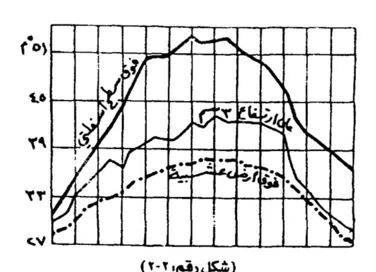
وبالإضافة إلى درجة الانحدار ودائرة العرض، فان كمية الظل من الأجسام المحيطة تكون هامة أيضاً، ففى مدينة ذات شوارع ضيقة، نجد أن نمط الاشعاع يكون متبايناً ما بين شارعين فى اتجاهين مختلفين، أحدهما ذو واجهة شرقية - غربية، والآخر ذو واجهة شمالية - جنوبية. وهكذا فأنه من الضرورى معرفة الكثير من التفاصيل عن البيئة المحلية لمعرفة التباينات بين ظروفها المناخية. ويمكن أن تتم قياسات الاشعاع، إما بالقياس المباشر بالأجهزة المتوفرة، أو من خلال السجلات الخاصة بمحطة محلية بعد اجراء التعديلات بالوسائل الممكنة[1]. ومن المعروف أنه فى بعض المناطق التى تتداخل فيها المحاصيل الزراعية بالأراضى الشجرية، فأن التوزيع الطبقى للأشعة يتغير بواسطة امتصاصه وانعكاسه من قبل المادة النباتية.

ويعتمد سطوح الشمس على نفس العوامل التى تتحكم فى الاشعاع، والتى أشرنا سلفاً إليها. إلا أنه يجب أن نشير هنا إلى أن بعض الأحياء لها حساسية لطول موجات معينة من الطاقة الاشعاعية، تختلف عن تلك التى يتأثر بها نظر الإنسان.

وعلى الرغم من الارتباط الوثيق بين الحرارة والطاقة الاشعاعية،. إلا أنها تختلف عن سطوع الشمس والضوء. وتتميز الحرارة فى أنها تنتقل أفقياً مع كتل الهواء المتحركة، من منطقة شحنتها الاشعاعية أقل الى منطقة ذات شحنة اشعاعية أكبر. وتغيرات الحرارة أفقياً أقل من تغيرات الاشعاع وذلك بفعل انتقال الحرارة السابق ذكره. وتعد ظواهر نسيم البر والبحر، ورياح الفوهن، والرياح الهابطة من الأمثلة من اختلافات الحرارة بفعل الظروف المحلية. كما أن الظروف المحلية نفسها تؤثر على مدى فاعلية تلك الظواهر، فقد نجد مكان لا يبعد سوى كيلو مترات قليلة إلا أنه لا يتأثر بتلك الظواهر، وذلك بسبب تغير الظروف المحلية. وتنتقل الحرارة من مكان الى آخر بطرق متعددة، بالتوصيل، أو بالاشعاع، أو بالحركات الهوائية. ويختلف التبادل الحرارى ما بين سطح الأرض والهواء الملامس له باختلاف حالة هذا السطح، وهذا ما يتضح فيما لو قارنا درجة الحرارة عند السطح وعند ارتفاع معين بالنسبة لسطحين أحدهما مغطى بالاسفلت، والآخر يغطيه غطاء عشبى أخضر وذلك أثناء النهار، فالفارق بين حرارة السطح وارتفاع ٣ سم عن السطح بلغ قرابة ٣٢°م بالنسبة للسطح الاسفلتى، وقرابة ١٢°م فوق الأرض العشبية (شكل رقم: ٢-٢٠).

---

(١) يمكن حساب قيمة الاشعاع الشمسى المباشر الواصل الى سطح الأرض بالعلاقة التالية:
الاشعاع المباشر العمودى على سطح الأرض = الثابت الشمسى × لوط (معامل امتصاص الجو × طول مسار اشعاع الشمس فى الغلاف الغازى).
حيث لوط = اللوغاريتم الطبيعى.



(شكل رقم: ٢-٢)
تناقص الحرارة مع الارتفاع فوق سطحين
احدهما مغطي بالأسفلت والآخر مغطي بالعشب

كما وتختلف حرارة طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض على مدى مقدرة التربة على توصيل الحرارة الى الهواء، فاذا كانت قدرتها قليلة فإن سطح التربة يكون شديد الحرارة لاحتفاظه بمعظم أشعة الشمس التى يستقبلها. ولقد اجرى «جيجر» دراسه لمكان قريب من مدينة ميونيخ بالمانيا لحصر عدد الأيام التى تزيد حرارتها عن ٢٥°م على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض، فتبين له ما يلى:

الارتفاع عن سطح الأرض (سم)	عدد الايام التي تزيد حرارتا عن ٢٥					
	ايــار	حزيران	تمـوز	آب	أيلـول	المجموع
١٥٠	٥	٨	١٩	١٤	٩	٥٥
١٠٠	٦	٩	١٩	١٥	١٠	٥٦
٥٠	٧	١٠	٢٠	١٧	١٠	٦٤
٥	١٢	١٨	٢٥	٢٢	١٤	٦١

وحيث أن قدرة الهواء على توصيل الحرارة أقل من قدرة التربة، فان التربة المسامية أقل قدرة على توصيل الحرارة من التربة غير المسامية، كما أن الأرض المحروثة أقل قدرة على توصيل الحرارة من الأرض غير المحروثة.

٢- الرطوبة الجوية والتبخر:

تتأثر كمية بخار الماء المطلقة فى الهوا بكمية المياه المتوفرة والممكن تبخرها. ففى المناطق النباتية والسطوح المائية - اذا لم تكون النباتات فى حالة ذبول - فان الرطوبة تكون أكبر مما هى عليه فى المناطق الجرداء. وعلى كل حال، فان كمية

المياه المتبخره من النباتات أو ما يعرف بالنتح تعتمد على سلوك المسامات التى تكون أكثر نشاطاً فى النهار منه فى الليل. ذلك أن الماء المتبخر ينقص كثيراً فى الليل إن لم يتوقف. وينحصر ماء الأرض الجاهز للتبخر فى السنتيمترات العلوية القليلة من التربة، وهذا طبعاً مصدراً آخر لبخار الماء بجانب المسطحات المائية والنباتات الخضراء.

ومهما كان مصدر بخار الماء، فأن لبخار الماء تأثير واضح على تبريد الهواء. ولذا فإنه على الرغم من أن الهواء يكون أبرد فوق المناطق المغطاة بالنباتات والمسطحات المائية، إلا أن الرطوبة النسبية تكون أعلى أيضاً. أما فوق المناطق الجرداء نسبيا، فرغم أن تبخر ماء التربة يستهلك بعض من الطاقة الاشعاعية، إلا أنه يبقى هناك جزء كبير منها يكفى لرفع درجة حرارة سطح التربة الى درجة عالية.

ومما تجدر الاشارة إليه، أنه رغم أن هناك كمية من الماء يمكن أن تتبخر، إلا أن الزيادة العامة فى رطوبة الهواء الكلية تكون قليلة ما لم يحدث تحرك للهواء بسرعة منخفضة. وعندما تسود حالة ركود أو هدوء الهواء، فأن الرطوبة النسبية المرتفعة والتبريد الاشعاعى فى الليل يؤديان الى تشكل الشابورة Mist فوق الحقول الزراعية والمناطق الرطبة الأخرى. وفى حال بلوغ الرياح سرعة تقترب من ١٥ كم/ساعة، فيحدث عندها اختلاط بدرجة كبيرة للهواء السفلى بالهواء العلوى، ونشر الرطوبة على مجال أوسع، مما يجعل تزايد الرطوبة النسبية محدوداً.

٢- حركة الهواء والتساقط:

لقد ذكرنا سلفاً أن سرعة الرياح تزداد بالارتفاع عن سطح الأرض لأن عوائق السطح تقل أو ينعدم تأثريها، كما ويمكن أن ينعكس اتجاه الرياح أو يحدث تحول فى اتجاه هبوبها بسبب مواجهة النبات أو حاجز تضاريسى شديد الانحدار. ومن الواضح أن عدد حالات ركود الهواء تقل مع الارتفاع، وتكون سرعة الرياح أشد أثناء النهار منها فى الليل. ويحد الغطاء النباتى شأنه فى ذلك شأن العوائق الأرضية الأخرى من سرعة الرياح، ويزداد سمك طبقة الهواء التى تتأثر بهذا العامل كلما ازداد ارتفاع النبات عن سطح الأرض، كما هى الحال فى أراضى الاشجار العالية. والجدول التالى يوضح اختلاف سرعة الرياح فى مستويات من طبقة نباتية.

	الارتفاع (سم)	سرعة الرياح (م/ث)
بين جذوع الاشجار	١٠	١,٠
عند تيجان الأشجار	٥٠	٣,٧
فوق مستوى الاشجار	١٨٠	٩,٣

وتلعب سرعة الهواء دوراً هاماً فى كثير من فروع علم المناخ التطبيقى، فهى تؤثر على تطبق الرطوبة الجوية، ودرجة الحرارة، خاصة حزارة السطح الذى يحدث منه التبخر حيث يتم التبريد، كما تؤثر على التساقط. ولقد اشار جيجر Gieger، أنه بالنسبة لتل - وهو بروز غير مرتفع بشكل يكفي لاحداث تحولات ثرموديناميكية - فأن المنحدر المواجه للرياح يتلقى كمية مطر أقل من الجانب المعاكس للرياح، لأن سرعة الرياح تزداد على الجانب المواجه للرياح وخاصة عند قمة التل، أما على الجانب الآخر للتل فأن سرعة الرياح تقل، ولذا فأن قطرات الماء تحمل بعيداً بواسطة الرياح الشديدة السرعة على الجانب المواجه حتى تصل إلى الجانب الآخر حيث الرياح أقل سرعة، ومن ثم يزداد سقوط قطرات الماء، وهذا طبعاً عكس ما يحدث على النطاق الاقليمى. والأدلة على ذلك كثيرة فالثلج الساقط يزداد على جوانب الكتل الصخرية والاشجار والمبانى غير المواجهة للرياح.

وهناك فرق كبير بين الأمطار الساقطة على أراضى غابية وتلك الساقطة على أراضى مجاورة خالية من النبات. ففى داخل المنطقة الغابية قد يستمر سقوط المطر مدة زمنية أطول من مدة سقوط المطر الحقيقية، ذلك أن ماء المطر يستغرق فترة طويلة حتى يتمكن من اختراق المظلة التاجية. حيث يتخذ عندها شكل قطرات كبيرة تسقط من الأوراق، أو تنساب بشكل جريان مائى منحدرة على أغصان الاشجار وجذوعها حتى تصل سطح الأرض. وحتى يتم تقدير كمية المطر الساقطة بشكل دقيق فى أراضى شجرية، يجب وضع مقياس المطر فوق المظلة التاجية، ويتحول الماء المتجمع عبر انبوب الى وعاء موضوع عند مستوى الأرض. وعلى الرغم من أن طريقة القياس هذه تعطى صورة دقيقة عن كمية التساقط المطرى الفعلية، إلا أنها لا توضح حالة التساقط المطرى ضمن الاشجار الغابية.

التعديلات المناخية

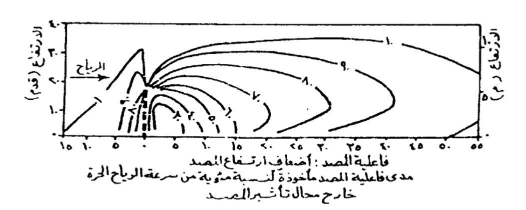
لقد تمكن الإنسان من تعديل الظروف المناخية فى مناطق صغيرة نسبياً. وذلك بخلق ظروف مناخية جديدة أكثر ملائمة من الظروف السائدة فيها طبيعيا، ويتم ذلك من خلال تطبيق الطرق الخمسة التالية: ١- مصدات الرياح، ٢- تقليل كمية التبخر، ٣- التساقط الاصطناعى (استمطار السحب)، ٤- الوقاية من الصقيع، ٥- البيوت الزجاجية. وسنناقش فيما يلى الطرق الأربعة الأولى، أما الطريقة الخامسة فسيتم الحديث عنها فى فصل آخر من هذا الكتاب.

١- مصدات الرياح:

تعد محاولة الوقاية من الرياح المؤذية باقامة حاجز واق (مصد) أولى المحاولات

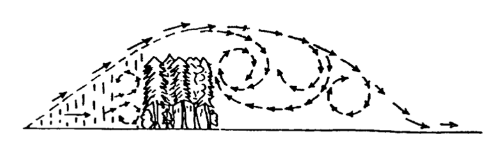
التى أوجدها الانسان لتعديل ظروف الطقس. ولقد اثبتت تلك المحاولات فاعليتها فى ضبط الثلج المنجرف، والتقليل من ضغط الرياح على الأجسام الواقعة على مسافات معينة من أقرب مصد، كما أنها تحد من انجراف التربة وسفى الرمال.

وتتناسب فاعلية المصدر (الواقى) طرديا مع ارتفاعه (شكل رقم: ٣-٢)، فإذا كان



(شكل رقم: ٢-٢) مدي فاعلية مصدات الرياح

ارتفاع حزام الاشجار H فأن المسافة التى يظهر تأثيره خلالها فى خفض سرعه الرياح تعادل ٤٠ مرة ارتفاع الاشجار (٤٠ × H)، فى حين نجد أنه لمسافة تبلغ خمسة أضعاف ارتفاع المصد (٥ × H) تسود تقريبياً حالة من الركود الهوائى، مع وجود بعض الحركات الدوامية الدورانية (شكل رقم: ٤-٢). وبالطبع، فان فاعلية الحزام الواقى تكون أكبر فيما اذا كان يشكل زاوية قائمة مع اتجاه الرياح السائدة. ولهذا السبب يجب معرفة الاتجاه السائد للرياح فى الموقع المراد وقايته.



(شكل رقم: ٤-١) عملية تشكل الدوامات الهوائية خلف المصدات

وإذا كان الحزام الواقى يقلل من سرعة هبوب الهواء، فأنه أيضا يؤدى الى زيادة الظل للمحاصيل القريبة منه. كما أنه يحدث تغييراً فى كمية التساقط خاصة فى حالة الامطار الآتية من التجاه السائد للرياح، كما يؤدى إلى تغييرات فى كمية المياه

المتبخرة من المحاصيل الزراعية والتربة - إلا أنه لا يمكن القول ما اذا كان الحزام بوجه عام سيسبب زيادة أو نقصا في الكميات المتبخرة، اذ أنه قد يودى إلى الزيادة أحياناً، والى النقصان أحياناً آخرى حسب الظروف العامة السائدة سواء التى يخلقها وجود المصد أو الموجودة مسبقاً - ويمكن أن تستخدم الأحزمة الواقية لحماية مناطق محدودة - كالحقول أو البساتين - من خطر العواصف الثلجية ومن تراكم الثلج، ولذلا يجب الأخذ فى الحسبان الاتجاهات المحتملة التى تهب منها العواصف الثلجية أثناء إقامة المصد، وإلا فأن وجود الأشجار الواقية سيزيد من تراكم الثلج فى أمكنة غير متوقعة.

ويمكن أن يستخدم الأشجار الواقية لتظليل المحاصيل الزراعية اليانعة، وحمايتها من أشعة الشمس الشديدة والمؤدية خلال مراحل معينة من نموها، ومثل هذا التظليل يكون عملياً بالنسبة لمزارع الشاى والبن، غير أن بعض التجارب أشارت الى أنه ليس ضروريا. غير أن المصدات يمكن أن تستخدم كملاجئ للحيوانات وقت الحرارة الشديدة. ولقد أكدت التجارب التى أجريت على محاصيل رراعية عدة أمنت لها الحماية بواسطة مصدات رياح إلى زيادة فى الانتاج بنسب لا تقل عن ١٠ ٪ وتصل أحياناً إلى ٢٠ ٪ فأكثر.

٢- تقليل كمية التبخر

ينجم عن التبخر فقدان كميات كبيرة من الماء الى الجو، وهذا ما يوضحه المثال التالى؛ ان تبخر ٤٠ سنتيمتراً من الماء في السنة من بركة مساحتها عشرة آلاف متراً مربعاً يعنى خسارة مقدارها ٤ ألاف متراً مكعباً. ولهذا كان من الضرورى البحث عن طريقة ما لتقليل كمية الفاقد بالتبخر من المناطق التى تحتوى على فائض مائى عن حاجتها. وكانت فكرة تعويم السطح بطبقة من مركب أحادى الوزن غير ضار موضع نقاش منذ قرابة ٤٠ سنة مضت. إلا أنه فى ٤٠ - ٤٥ سنة الماضية أجريت العديد من التجارب التى يستخدم فيها الكحول الستيلى، وهو مزيج من الكربونات الهيدروجينية الثنائية والسداسية. ويعد هذا المركب غير ضار تقريباً، إلا أن توتر سطحه منخفض، حيث نجده يتحطم عند ضغط غير كبير نسبياً. وتبدو هذه الصفة الفيزيائية للمركب مشكلة حقيقية أكدتها التجارب التى تمت فى شرق أفريقيا، حيث لوحظ تكسر القشرة الكيميائية عندما زادت سرعة الرياح عن ٥ كيلومتر/ساعة فوق مستوى ٣٥ سنتيمتراً من سطح الماء. ولكى يحافظ على المحلول من عدم التكسر ينبغى رشه باستمرار بالكيروسين. غير أن تغير اتجاه هبوب الرياح مشاكل اضافية، حيث يجب تغيير مكان الرش ما لم يكن الرش شاملاً كل محيط البركة. وبسبب تكلفة المركب الكيميائى فأنه

من غير المرغوب فيه اقتصاديا الرش فوق المحلول، إلا فى حال الضرورة، بالإضافة إلى أن ازدياد الضغط على السطح الجانبى يسبب ضياع المسحوق مما يستوجب اشرافا دائماً على عملية الرش من قبل أشخاص متدربين تدريباً كافياً.

ولقد أكدت اتجارب المعملية التى تمت على أحواض تبخر صغيرة فى الطبيعة، أنه بالإمكان توفير قرابة ٧٠٪ من الماء الممكن فقده بالتبخر، إلا أن التجارب الحقلية التى تمت على مسطحات مائية كبيرة تقدر التوفير بعشر الرقم السابق تقريباً. وهكذا يمكن القول أن الطريقة السابقة عملية فى حال السطوح المائية الصغيرة التى تصل مساحتها إلى ألف متر مربع، حيث يمكن التقليل من سرعة الهواء باقامة مصدات رياح، إلا أنه فى المسطحات الكبيرة يلزم استخدام بعض المواد الكيميائية ذات التوتر السطحى الأكبر.

٢- التساقط الاصطناعي (استمطار السحب):

ليس شرطاً أن يحدث التساقط فى حالة وجود سحب فى السماء، ذلك أنه كثيراً ما نرى سحب فى السماء من أنواع مختلفة إلا أنها غير ممطرة. ولذا فقد قامت محاولات عديدة بهدف اسقاط الأمطار من تلك السحب. ويتم ذلك بإدخال نويات اصطناعية الى السحب المناسبة مما يساعد على اطلاق السحب لمحتواها من الماء. ولقد دكر ماسون Mason(١٩٥٧)، أن العجز فى العوامل الملائمة للتساقط فى بعض السحب يمكن أن تعالج ببذرها (حقنها) بثانى أوكسيد الكربون الصلب، أو بأيود الفضة، أو بقطرات ماء، أو بنويات هيجروسكوبية كبيرة (كملح الطعام). فثانى أوكسيد الكربون الصلب أو أيود الفضة ينتجان بلورات جليد، حيث يقومان بدور نويات تجمد، بينما تقوم قطرات الماء أو النويات الهيجروسكوبية - كما فى بودرة الملح الناعمة الجافة - بعمل نويات تكاثف. ولقد أثبتت النويات الهيجروسكوبية فاعليتها فى السحب الدافئة، تلك السحب التى تكون درجة حرارتها فوق درجة التجمد.

وهناك طرق عديدة تستخدم لحقن السحب بالنويات المختلفة، ومن هذه الطرق:

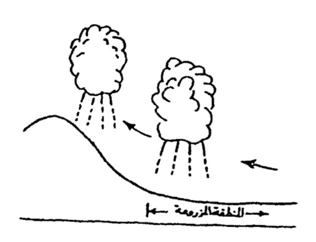
أ - استخدام مواقد نارية: مما يجعل الهواء الساخن يصعد للأعلى حاملاً الجزئيات المحقون بها.

ب- استخدام قنابل حرارية موقوتة تطلقها الصواريخ بحيث تنفجر تلك القنابل عند قاعدة السحابة أو بقربها. والسبب الذى دعى الى اختيار قاعدة السحابة لكى يتم عندها انفجار القنابل الحرارية الحاملة للنويات، هو أن التيارات الصاعدة تكون نشيطة هناك بشكل يسمح لجزئيات الحقن بالدوران ضمن جسم السحابة.

جـ- يمكن أن يتم حقن السحب مباشرة بواسطة الطائرات.

ويعد استخدام الطائرات من أفضل الطرق حيث أن لها ميزات حسنة، حيث أن المشرف على عملية الحق بتأكد من أن اطلاق الجزئيات تم فى المكان الصحيح. وتختلف نتائج هذه الطرق بسبب صعوبة الحكم عما اذا كانت عملية الحقن قد سببت التساقط، أو اذا ما كان المطر سيسقط بشكل طبيعى. ولهذا يجب اخضاع نتائج التجارب للتحليل الاحصائى للحكم على دقة النتائج. فبعض التجارب اثبتت حدوث زيادة فى كمية التساقط، بينما البعض الآخر لم تظهر تغيرات هامة فى التساقط، حتى لنجد تجارب أخرى كان محصلتها حدوث تناقص. وبوجه عام فأن نسبة الزيادة فى كمية التساقط نتيجة عملية الحقن لا تزيد عن ١٠ ٪ فى أحسن الأحوال.

ولقد أظهرت التجارب التى تمت فى شرق أفريقيا الى أن عملية الحقن أدت الى تسريع عملية التساقط بحدود ١٠ دقائق فى حالة السحب التى على وشك البدء فى التساقط. ولعملية التسريع هذه أهمية كبرى عندما تكون نتيجتها حدوث التساقط فوق السهول المزروعة بدلا من حدوثه فوق الجبال غير المزروعة (شكل رقم: ٥-٢).



(شكل رقم: ٥-٢)

تسريع سقوط الأمطار ببذر نوايات التكاثف في السحب

٤- الوقاية من الصقيع

ثمة نموذجان من الصقيع؛ الصقيع الاشعاعى، والصقيع الانتقالى Advection. ويحدث الصقيع الاشعاعى (أو ما يعرف بالصقيع الأبيض) فى حالة السماء الصافية والجو الجاف والهادئ، حيث تفقد الأرض والهواء حرارتهما بالاشعاع الى الفضاء أثناء الليل البارد. أما النموذج الثانى من الصقيع وهو الصقيع الانتقالى - والذى يعرف بالصقيع الأسود - فيحدث فى حالة انخفاض درجة الحرارة الى ما دون درجة التجمد نتيجة مرور كتلة هوائية باردة فوق منطقة ما.

ويحدث الصقيع الانتقالى على مقياس المناخ العام، ولذا فأن جهود الإنسان ضده والوقاية منه لم يكتب لها النجاح. أما فى حالة الصقيع الاشعاعى، فهناك طرق متعدده للوقاية منه، ومن هده الطرق: (١) بما أن الشرط الرئيسى لحدوث مثل هذا الصقيع هو وجود سماء صافية خالية من السحب مما يساعد على فقد كبير للحرارة، لذا فأن السحب الاصطناعية من الدخان مثلاً يمكن أن تكون بمثابة مظلة تغطى المنطقة المراد وقايتها، مما يحد من الفاقد الحرارى ويمنع حدوث الصقيع. وتستخدم هذه الطريقة الكيروسين الدخانى الرخيص، وذلك بحرقه فى أوانى دخانية حيث تتغطى المنطقة موضع الحرق المستمر بسحابة دخانية سوداء - رمادية. (٢) مادام التبريد الاشعاعى يتمركز بالقرب من مستوى سطح الأرض، وبما أن درجة الحرارة عند مستوى ٢٠ متراً تقريباً فى الجو تكون أكبر، حيث يشير هذا الوضع الى طبقية ثابتة للجو، فالهواء الأبرد فى الأسفل والهواء الاكثر حرارة فى الأعلى. لذا يجب إحداث عملية مزج اصطناعى عن طريق اسقاط الهواء الحار فى الأعلى، وذلك باستخدام مراوح ضخمة تقوم بخلط دائم للهواء الحار العلوى مع الهواء الأبرد الأسفل بحيث يمكن دلك من تدفئة الطبقات فى الأسفل ويمنع حدوث الصقيع. (٣) حيث أن الهواء السطحى والنبات يفقدان الحرارة عن طريق الاشعاع، لذا فأنه من الممكن استخلاص الحرارة من مصادر أخرى وترويد الهواء السطحى بها مما يمنع حدوث الصقيع واحدى الطرق المجربة حالياً، تقوم على رش النباتات بقطرات ماء دقيقة. وبما أن سطح النباتات يكون أقل حرارة بسبب الفاقد بالاشعاع، لذا فأن قطرات الماء الدقيقة تتكثف ومن ثم تنطلق الحرارة الكامنة فى تلك القطرات أثناء تكاثفها، وعندما تتجمد تلك القطرات فأن الحرارة المنطلقة تزداد. ويجب أن نلفت الانتباه الى المخاطر التى تنجم عن استخدام كميات غير محددة من الماء، اذ يمكن أن يتشكل الجليد بكثيرة بحيث يصبح سميكاً مما يسبب تجمد النبات أو إعاقة نموة بشكل كامل. وهناك طريقة أخرى يتم فيها استخدام الأوانى الدخانية التى تقوم بنشر الحرارة بسبب هبوب الهواء. ويمكن باستخدام بعض اشكال من مصدات الرياح أن تزيد فاعلية هذه الطريقة. (٤) أما الطريقة الرابعة، فهى طريقة فعالة، وتتم بتغطية النباتات بقلنسوات أو ستائر مصنوعة من البلاستيك، أو من مواد مشابهة. ففى الليالى الهادئة تقوم هذه الستائر بدور دروع تمنع الاشعاعات الحرارية طويلة الموجة الصادرة عن الأرض من العبور خارجها حافظة بذلك درجة الحرارة أعلى بمقدار ١.٦ - ٣.٦°م مما لو لم يكن هناك ساتر. وفى النهار فأن تلك الستائر تسمح للاشعاع الشمسى بعبوره مسببة ارتفاع درجة الحرارة تحتها. ونتيجة لدرجات حرارة الستارة أثناء الليل البارد والنهار الحار، فيجب أن لا يكون النبات متماساً بشكل مباشر مع تلك الستائر.

الفصل الثالث

الظواهر الجوية في وادي النيل
وجنوب غرب أسيا وطرق توقعها

الظواهر الجوية في وادي النيل وجنوب غرب آسيا وطرق توقعها

العوامل العامة المؤثرة في مناخ وادي النيل وجنوب غرب آسيا

يعد التوقع الجوى أحد المهام الرئيسية المرتبطة بعلمى المناخ والأرصاد الجوية، والتوقع الجوى هو محاولة معرفة ظواهر الجو قبل حدوثها بمدة تختلف من بضع ساعات الى عدة أيام. وقد تمتد فترة التوقع بعنصر من عناصر المناخ مثل المطر خلال موسم بأكمله. وقد نجح علماء الأرصاد فى ذلك الى حد بعيد، وكان لهذا النجاح قيمته العملية فى أعمال الطيران والملاحة البحرية فى السلم والحرب، وفى الزراعة والصناعة، اضافة الى الفائدة اليومية العامة المتمثلة فى التعامل مع الظروف والأحوال الجوية بالشكل المناسب، كما أن للتوقع الجوى قيمته العلمية فى الكشف عن كثير من أسباب تقلبات الجو، واستنباط قوانين طبيعية من جو الأرض نفسه مما لا يمكن مشاهدته أو دراسته داخل المعامل.

وتتمثل عملية التوقع الجوى فى أبسط صورها فى أمرين: أولهما معرفة ما سيكون عليه توزيع الضغط الجوى بعد فترة معينة، لأن الضغط الجوى دائم التغير، وثانيهما معرفة أو تحديد خصائص كتل الهواء Air masses التى تلازم التوزيع الجديد فى طبقات الجو المختلفة وخاصة عند سطح الأرض. فاذا أريد معرفة الطقس غداً مثلاً فإن أول الواجبات تتمثل فى محاولة معرفة ما سيكون عليه التوزيع العام للضغط الجوى فى ذلك اليوم، لأن توزيع الضغط الجوى هو المحدد الأول لحركة الهواء، ثم يأتى بعد ذلك حصر ما يلازم الكتل الهوائية التى تهب خلال فترة معينة وتفاعلاتها مع بعضها البعض على الارتفاعات المختلفة. ويجب دائماً أخذ المؤثرات العامة فى كل موسم فى الحسبان كما يجب أن تكون هناك فكرة واضحة عن مناخ المنطقة. فمن المعروف أن مما يساعد على نجاح التوقعات الجوية الخبرة المحلية والمران والتتبع الدائم لظواهر المناخ، ثم تطبيق أسس علمى المناخ والأرصاد الجوية على كل ما تشاهده من ظواهر مناخية ومحاولة تفسير هذه الظواهر على أسس علمية صحيحة.

وتعد أهم المؤثرات العامة التى تتدخل بشكل مباشر فى مناخ وادى النيل وجنوب غرب أسيا عموماً التوزيعات الآتية للضغط الجوى.

١ – انخفاض الهند الموسمى Seasonal Depression of India فى فصل الصيف.

٢ – انخفاض السودان الموسمى Seasonal Depression of the Sudanفى كل من فصلى الربيع والخريف.

٣ – ارتفاع سيبيريا Siberian High Pressure الشتوى.

٤ – الذبذبات الموجبة فى كل من الغربيات العليا فى حوض البحر المتوسط أو شرقيات السودان العليا.

٥ – التيارات العليا النفاثة Jet Streams وازاحاتها، سواء المدارية منها أو الاستوائية.

انخفاض الهند الموسمي

يحتل انخفاض الهند الموسمى جنوب القارة الأسيوية(*)، فى فصل الصيف ويمتد إلى أثيوبيا وشمال شرق السودان فى شرق أفريقيا، فتتدفق الى هذه البقاع جميعا تيارات من الهواء الرطب عبر المحيط الهندى وتصل إلى اليابسة بعد أن تكون قد عبرت آلاف الكيلو مترات فوق المحيط وتشبعت بأبخرة المياه فتعطى المطر الموسمى.

ويمتد أثر هذا الانخفاض أيضاً الى مصر وشرق البحر المتوسط غربا، حيث تصبح الدورة العامة للرياح السطحية أغلبها شمالية، وحيث يستقر الجو فى شرق البحر المتوسط لعدم غزوه بالانخفاضات فى هذا الفصل، فلا تصله الا بقايا الجبهات الباردة أو الجبهات الملازمة للانخفاضات التى تغزو شرق أوروبا. وتوفر هذه الجبهات مع ما يلازمها من هبوط دائم خلال طبقات الهواء العلوى حالات تولد الانقلابات الحرارية العليا وخاصة عندما يستقر الجو تماماً فى شهرى يوليو وأغسطس. وهذه هى أهم ظروف ازدياد رطوبة الجو السفلى وتكوين السحب الطبقية والضباب فى الصباح على شمال مصر عامة والدلتا خاصة، مما يعوق حركة الطيران أحياناً.

وفى منطقة شمال الخليج الغربى كثيراً ما تثير هذه الرياح الشمالية الرمال والأتربة عندما تشتد سرعتها بنشاط الانخفاض الموسمى أو بازدياد انحدار الضغط الجوى من هذه المنطقة صوب مركز الانخفاض من آن لآخر.

انخفاض السودان الموسمي

يعد هذا الانخفاض مركزاً لتجمع أنواع هواء مختلفة، كما أنه يتميز بأنه كثير

(*) يبدأ ظهور هذا الانخفاض فى أواخر فصل الربيع فى صورة تجمعات للانخفاضات العرضية الآتية من الغرب واستقرارها على هضاب جنوب آسيا وايران. ويتم ظهور الانخفاض فى أوائل فصل الصيف عندما ينضم إلى هذا التجمعات مركز انخفاض السودان الموسمى متأثراً فى ذلك بحركة الشمس الظاهرية وظاهرة جذب الهضاب لمناطق التجمع أو الانخفاضات الجوية النشطة.

التذبذب أو التحرك، وهو يتبع فى ذلك تحركات الشمس الظاهرية وجذب الهضاب له - وعموماً فأنه يمكن تقسيم حركة هذا الانخفاض الى نوعين من الذبذبات: **الأولي** هى تلك الازاحة العامة التي يعانيها مركز الانخفاض من هضبة البحيرات فى أفريقيا إلى شمال الهند وايران ثم عودته بالتالي على مر [illegible] ام. أما الحركة **الثانية** فتمثلها سلسلة من الإزاحات أو الذبذبات الصغيرة التى تخرج مركز الانخفاض من آن لآخر صوب الشمال أو الجنوب عن مساره السنوى. ويمكن تتبع هذه الإزاحات الصغيرة خاصة فى فصلى الربيع والخريف اذ تبدو واضحة فى كثير من الأحيان. وأهم المناطق الحساسة لها شمال البحر الأحمر الذى يغطى عادة وفى مثل هذه الأحيان بذراع من الضغط المنخفض الخفيف الممتد من مركز الانخفاض الموسمى الى شمال البحر الأحمر. وأهم علامات ذبذبات الانخفاض صوب الشمال هبوط الضغط الجوى فى ذراع الانخفاض الممتد الى شمال البحر الأحمر وامتداد هذا الذراع الى شرق البحر المتوسط مع ظهور تيارات من الهواء الجنوبى الشرقى أو تولدها فى تلك البقاع.

وتعرف هذه التيارات الهوائية أو الرياح أحياناً باسم «أذيب» وذلك لسخونتها الظاهرة. وأهم الجبهات التى تفصل تيارات الهواء الرئيسية التى تغزو جنوب غرب أسيا ووادى النيل فى فصلى الربيع والخريف جبهتان: جبهة مدارية وهذه تفصل تيارات البحر المتوسط عن الهواء القارى وكثيراً ما تتولد على هذه الجبهة الانخفاضات الضحلة الصحراوية، ومنها «انخفاضات الخماسين» التى تكون عميقة ونشطة أحياناً، وجبهة استوائية تفصل الرياح التجارية عن تيارات المحيط الهندى أو الأطلسى الممطرة بعد عبورها خط الاستواء وظهرها فى صورة رياح موسمية جنوبية الى جنوبية غربية.

عواصف الرعد في منطقة البحر الأحمر ،

يتميز مناخ جنوب غرب آسيا بظاهرتين هامتين أثناء فصلى الانتقال عندما يتركز انخفاض السودان الموسمى على شمال شرق السودان، **الأولي هى عواصف الخماسين** وما قد يصحبها من اثارة الرمال والأتربة، **والثانية هى تولد حالات من عدم** الاستقرار الجوى يصحبها فى كثير من الأحيان حدوث الرعد والمطر والسيول المحلية. وعند ابتداء الخريف تهبط سرعة الرياح على جنوب غرب آسيا عموماً وخاصة الرياح الشمالية، وتصبح فى شهر نوفمبر متغيرة تكاد تهب من جميع الاتجاهات، وتتهيأ الظروف لتكون الضباب فى الصباح المبكر، كما تصل حالات ضغط الهواء أكثرها

على مر العام. وعندها يبدأ ظهور التيار الجنوبى الشرقى على مناطق البحر الأحمر من آن لآخر، ويتبع ظهوره تذبذبات انخفاض السودان الموسمى صوب الشمال. ويهب هذا التيار فى صورة لسان من الهواء الساخن يندفع رويداً إلى الشمال الغربى حتى يغمر شرق البحر المتوسط، كما يهب الى شمال وغرب هذا اللسان تيار من الهواء البارد نسبياً من البحر المتوسط. وتظهر الانخفاضات الجوية عند سطح الانفصال بين هذه الكتل الهوائية.

انخفاضات قبرص الجوية

تعد انخفاصات قبرس الجوية من الانخفاضات التى تتركز قرب جزيرة قبرص أو عليها وتحدث من النشاط ما يثير الجو فى جميع أرجاء شرق البحر المتوسط الى العراق شرقاً والى السودان جنوباً، ويتكرر ظهور هذه الانخفاضات خلال الفترة الممتدة من أواخر الخريف الى أواخر الربيع، ويصحب تكونها حدوث الرياح العاصفة والأنواء والأمطار الشتوية، خصوصاً على البحر وقرب الشواطئ، وتنتشر الرمال المثارة فى الداخل، وقد تحدث عواصف الرعد أيضاً مع أمواج شديدة من البرد. وتبلغ رداءه الجو أقصاها فى شبه جزيرة سيناء وشرق المتوسط (منطقة سوريا ولبنان وفلسطين) حيث يعم ضباب الجبال عندما تنساب اليها السحب الممطرة ويصبح الجو بصفة عامة غير مناسب لأعمال الطيران.

وأهم ما يميز انخفاضات قبرص الجوية تلك السلسلة من الجبهات الباردة التى تصحبها، والتى يمكن توقيعها على خرائط التوقع الجوى وهى تتولد وتنشط نتيجة غزو أمواج من الهواء البارد الآتى من شرق أوروبا أو من روسيا لمنطقة شرق البحر المتوسط خلال أحزمة من الضغط العالى فى الشمال، أما فى طبقات الجو العليا فأن انخفاض قبرص يبدو كحوض من الهواء البارد. وتكثر الأمطار وتعم كلما انخفضت درجات حرارة الهواء البارد فى طبقات الجو العليا أو تنساب الى الجنوب، اذ يتبع ذلك أيضاً ازاحة مركز الانخفاض صوب الجنوب.

ويتم ظهور الانخفاض قرب جزيرة قبرص فى الشتاء نتيجة عامل أساسى واحد هو اقتراب تيار شمالى قطبى من مؤخرة انخفاض ضحل ثانوى (أو فى حالة الامتلاء). والذى يحدد حالة الجو فى جنوب غرب آسيا على الخرائط السطحية هو طبيعة توزيع الضغط الجوى على منطقة البلقان وأواسط البحر المتوسط، فهناك توزيعان متباينان للضغط يجب التمييز بينهما وهما: الضغط الجوى المنخفض، ومعه

لا تتولد انخفاضات قبرص الجوية؛ والضغط الجوى المرتفع، وهذه هى الحالة الملائمة لتكون انخفاضات قبرص الجوية، حيث يساعد توزيع الضغط الجوى العام على تدفق الهواء من ارتفاع سيبيريا الشتوى الى مناطق جنوب غرب آسيا.

رياح الخماسين(*)

تعد الخماسين رياحاً جنوبية، ما بين الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية. حيث يتكرر هبوبها بتولد أو غزو الانخفاضات الجوية الصحراوية لمصر خلال الفترة الممتدة من أواخر الشتاء إلى أوائل الصيف. وتتميز هذه الرياح بأنها دفيئه أو ساخنة مترية فى العادة وشديدة الضباب أحياناً. كما أنها كثيراً ما تنشط فتثير الرمال، وتملأ الفضاء فتنفذ الى العيون وتتراكم فى كل مكان ولا يصفو الجو إلاّ بعد دخول الهواء البارد نسبياً من مناطق البحر المتوسط. وهذه الصفات المميزة لتلك الرياح هى عينها التى تعرف فى مصر باسم «حالات الخماسين». وكثيراً ما يمتد تأثيرها الى شرق البحر المتوسط ثم الى شرق أوروبا، كما حدث مثلاً فى ابريل عام ١٩٢٨ حين حمل التيارالخماسينى الشديد رمال وادى النيل وصحراواته الى شواطئ البحر الأسود وأوكرانيا خلال موجه حرارية وجو مقبض ساد المناطق الممتدة من وادى النيل جنوباً الى بحر البلطيق شمالاً.

ويعقب حالة الخماسين فى مصر عادة مرور موجات من الهواء البارد نسبياً تثير العواصف الرملية التى يتبعها أمطار متقطعة قرب الساحل، ولكنها لا تلبث أن تتلاشى أمام ظهور حالة جديدة من الخماسين. وهكذا تغزو البلاد موجات من الحر والبرد تجعل أعم مميزات موسم الربيع فى مصر هذه التقلبات الجوية السريعة فتنتشر الانفلونزا وأمراض الأنف والحنجرة، كما أن الأتربة والتيارات الخماسينية نفسها تكون محملة بكثير من الكائنات الميكروسكوبية وأنواع شتى من البكتريا التى تحملها الرياح الى ارتفاعات شاهقة تبلغ أحياناً عدة كيلومترات وتنقلها الى مسافات بعيدة من قطر إلى آخر. وقد تدفع هذه التيارات أيضاً بعض آفات الزراعة مثل الجراد الذى ينساق مع التيارات الجنوبية الشرقية التى تغذى انخفاضات الخماسين. وقد تتبع هذا التيار فى بعض حالات الخماسين الحادة على مصر فوجد أن مصدره المحيط الهندى، أى أن بعض الهواء الساخن الذى يغزو مصر فى مثل هذه الحالات قد يعبر جنوب الجزيرة العربية والبحر الأحمر وأجزاء من أثيوبيا والسودان.

(*) رياح الخماسين، Khamsin or Khamasin تهب على مصر على مدى حوالى الخمسين يوماً من منتصف مارس (وأصل الكلمة عربى مشتق من كلمة خمسين).

وعادة كان يحل موسم الحرائق فى قرى مصر بدخول الربيع، وظهور حالات الخماسين. ويتسبب عن هذه الحرائق خسائر جسيمة فى الأرواح والأموال. ومن المعروف أن أغلب هذه الحرائق سببها التغييرات الفجائية التى تحدث فى اتجاه الريح عند دخول الهواء البارد محل الهواء الخماسينى الساخن. ويكون الجو أثناء موسم الخماسين عرضة للتغيرات العنيفة وخاصة من حيث الحرارة والرطوبة، اذ تبلغ درجة الحرارة أقصاها والرطوبة أدناها (الى ما يقرب الجفاف) عند هبوب التيار الخماسينى، ثم تصل درجة الحرارة أدناها والرطوبة أقصاها بدخول الرياح الشمالية الآتية من البحر المتوسط. وعادة تكون المدن والمناطق الساحلية أقل جهات مصر تعرضاً لمثل هذه التغيرات. ولا تخلو رياح الخماسين من بعض الفوائد، فان دودة القطن مثلاً لا يلائمها الجو الخماسينى الحار بقدر ما يلائمها الجو البارد الرطب، وتكون خير ظروف محاربتها وابادتها هى حالات الخماسين.

وفى بعض حالات الخماسين المصحوبة بعواصف الرمال أثناء النهار يسود جو مكفهر غير مألوف اذ قد يحمر لون الأفق ويخيم معه الظلام، كما حدث فى القاهرة فى ١٠ مارس عام ١٩٤٦ ثم فى الاسكندرية فى فبراير عام ١٩٥٥. ويلعب تشتت الضوء وامتصاصه خلال طبقات الهواء المتربة أو المحملة بالرمال دوراً هاماً فى هذه الظواهر الضوئية كما أن حبات الرمال تكون محملة بشحنات كهربائية يصحبها تفريغات وشرارات خافتة تعوق أعمال اللاسلكى.

وتنشأ حالات الخماسين بوجه عام إما نتيجة نشاط انخفاض السودان الموسمى وتحركه صوب الشمال حيث يغزو التيار الجنوبى الشرقى الحار الذى يلازمه مناطق شرق البحر المتوسط، أو بظهور الانخفاضات الجوية على الصحراء. وأهم مميزات الجو التى تسبق هذه الحالات هى: سرعة هبوط الضغط الجوى، وإرتفاع درجة الحرارة، وتكاثر السحب العالية، وازدياد سرعة الرياح العليا إلى أكثر من ٧٠ كيلومتراً فى الساعة، ويكون اتجاهها من الغرب فوق ارتفاعات تزيد على ٣ كيلومترات من السطح، كما تدور الرياح متزايدة من جنوبية شرقية إلى جنوبية فجنوبية غربية فى الطبقات السطحية. وعادة يتميز توزيع الضغط الجوى عند السطح قبل تولد الانخفاضات المحلية بتركز حزام من الضغط الجوى المرتفع نسبياً على شرق البحر المتوسط أو وسطه مع هبوب تيارات أغلبها شرقية جنوب هذا الحزام، كما قد ينساب فى أعالى طبقة التروبوسفير على ارتفاع أكثر من ١٢ كيلو متراً تيار نفاث يحدث التجمع اللازم لتولد الانخفاض.

ويمكن أن يفصل سطح الانفصال المدارى المشار اليه فيما سبق فى مثل هذه الحالات بين نوعين من الكتل الهوائية التى تختلف درجة الحرارة قرب سطح الأرض فيها اختلافاً كبيراً، يربو على ١٥ درجة مئوية أثناء النهار فى كثير من الحالات،

وتتكون الانخفاضات الصحراوية على هذا السطح تحت هذه الظروف وتتوقف حدة الانخفاضات على فروق درجات الحرارة، بسبب أن عمليات التكاثف تكون محدودة لقلة تبخر المياه عموماً.

طرق التوقع (التنبؤ) الجوي

التوقع الجوى أو التكهن بما ستكون عليه حالة الجو فى اقليم خلال فترة معينة، أما أن يكون قصيرة المدى فيمتد من عدة ساعات الى يوم أو يومين على الأكثر، وأما أن يكون طويل المدى فنزداد فترته عن ذلك كثيراً وقد تصل إلى شهر أو فصل بأكمله.

وفى العادة يعني لفظ «طويل المدى Long-Term Forecasting»، كما يستعمل فى توقعات الطقس المألوفة امتداد التوقع خلال مدة أطول من تلك التى تشملها توقعات الطفس الروتينية العادية التى تعدها مكاتب الأرصاد، الا أن طريقة معالجة المسألة من وجهة النظر العلمية تختلف اختلافاً يجعل من المنطق أن تقسم عمليات التوقع الجوى الى ثلاثة أقسام هى:

١ - توقعات قصيرة المدى Short-term forecasting وتمتد من عدة ساعات الى يومين على الأكثر. ٢ - توقعات قصيرة المدى Medium-term forecasting وتمتد من ثلاثة إلى ستة أيام. ٣ - توقعات طويلة المدى Long-term forecasting وتشمل فترات أطول من ذلك بكثير.

وكثيراً ما شغلت مسألة التوقعات طويلة المدى أذهان الناس، خصوصاً ابان الحروب وعند تحديد مواسم الزراعة ونحوها.

وعموماً فأن هذا الموضوع كان ولا يزال من أوسع مجالات البحث. وقد بلغ من الاتساع والتشعب درجة تنافرت معها أبحاث العلماء فى هذا الصدد، اللهم إلا جانباً من تلك الأبحاث التى اعتمدت على الطرق الاحصائية. وعبر العقود القليلة الماضية، كانت هناك حاجة ماسة للوصول الى طريقة لحل هذه المشكلة أو المسألة عن طريق استخدام البيانات وجعلها أداة للتعبير عن الطقس بطرق معقدة، على أسس طبيعية، وأصبح هذا الأسلوب الاحصائى شائعاً بكثرة. وفيما يلى عرض موجز للوسائل الاحصائية، والطرق التى يستعان فيها بخرائط الطقس السطحية، ثم الطرق التى تستخدم فيها الأرقام والتمثيل بالنماذج.

الوسائل الاحصائية

نظراً لتعدد العوامل الطبيعية ووفرة العناصر الجوية التى تدخل فى تحديد الطقس، تقودنا الوسائل الاحصائية فى النهاية الى سلسلة من التعقيدات التى تزداد كلما حاولنا ايجاد حل كامل لمسألة الطقس، ولهذا السبب نجد أنه ليس غريباً أن نوجه معظم

المجهود الى جعل الجو يصف نفسه، وذلك عن طريق الفحص الاحصائى لعناصر الجو المتراكمة، وبخاصة العناصر السطحية التى تؤثر مباشرة على الانسان، مثل: درجة الحرارة والرطوبة والرياح والضغط الجوى والتساقط بأنواعه.

ومن أبسط الطرق الاحصائية وأهمها استخداماً تلك التى يحاول فهيا القائم بالتوقع استنباط ما قد نسميه «دورات الطقس Weather cycles»، اذ يؤمن أغلب المتخصصين فى معظم دول العالم بوجود دورات فى طقس كل اقليم. ولقد حاول كثير من البحاث وضع البراهين والدلائل على صحة هذا الاعتقاد، وكل الذى أمكنهم اثباته وجود شبه دورات صغيرة المستوى، أصلها مبهم. وتمشياً مع هذه الفكرة بالذات وضع علماء ودارسو الطقس المصريون منذ عشرات السنين جداول خاصة بنوات الاسكندرية (أى عواصفها المطيرة وغير المطيرة) وسجلوا تواريخها ومددها على النحو المبين فى الجدول التالى:

جدول النوات لتي تنتاب جو الساحل الشمالي لمصر من منتصف فصل الخريف حتي منتصف فصل الربيع

إسم النوة	صفتها	اتجاه الرياح وقوتها	موعدها	مدتها
المكنسة	ممطرة	شمالية غربية ٦-٨	٢٠ نوفمبر	٤ أيام
باق بالمكنسة	ممطرة	شمالية غربية ٥-٦	٢٦ نوفمبر	يومان
قاسم	ممطر - عواصف	جنوبية غربية ٦ -٨	٤ ديسمبر	٤ أيام
باقى قاسم	ممطرة -عواصف	شمالية شرقية ٦-٧	١٠ ديسمبر	يومان
الفيضة الصغيرة	ممطرة -عواصف	شمالية غربية ٦-٧	١٣ ديسمبر	يومان
باقى الفيصة الصغيرة	ممطرة	جنوبية غربية ٦-٧	٢١ ديسمبر	يومان
عيد الميلاد	ممطرة	شمالية غربية ٦-٧	٢٤ ديسمبر	يومان
رأس السنة	ممطرة -عواصف	غربية ٦ - ٨	٣١ ديسمبر	يومان
الفيضة الكبيرة	ممطرة -عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	٩ يناير	٥ أيام
الغطاس	ممطرة -عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	١٨ يناير	٥ أيام
الكرم	ممطرة -عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٧ يناير	٦ أيام
باقى الكرم	ممطرة -عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٣ فبراير	٧ أيام
الشمس الصغيرة	ممطرة -عواصف	شمالية غربية ٦-٨	١٤ فبراير	يومان
السلوم	ممطرة أحيانا	شمالية غربية ٦-٨	٤ مارس	يومان
الحسوم	ممطرة أحيانا - عواصف	شمالية شرقية ٦-٨	٨ مارس	يومان
باقى الحسوم	ممطرة أحيانا - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	١٤ مارس	يومان
الشمس الكبيرة	ممطرة أحيانا - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٢ مارس	٣ أيام
العوا	ممطرة أحيانا - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٩ مارس	٣ أيام
باقى العوا	ممطرة أحيانا - عواصف	شمالية غربية ٦-٧	٢ ابريل	يومان

ونحن لا نستطيع أن نجزم بصحة هذا الجدول أو أمثاله مهما كان يمثل بعض الحقائق الاحصائية. ولقد درس فريق من العلماء بعض الدورات التى تتراوح مددها بين بضعة أيام وعدة سنين، كما درسوا دورات الطقس الدائمة والمتقطعة جميعها وهذه الأخيرة هى التى تظهر معها موجات تستمر وقتاً معيناً، ثم تختلف لتظهر أخرى فى الدورة نفسها، كما درسوا كذلك ظاهرة تغيرات الضغط الجوى الكثيرة التى تنشأ أو تحدث فوق بعض المناطق أو تهاجر اليها. وبالرغم من أنه لا يزال هناك كثير من الخلاف حول حقيقة أغلب هذه الظواهر إلا أن الغموض فى هذا المجال أخذ ينقشع وأخذت الحقائق تنكشف لدرجة أنه صار من الصعب القول بأن تلك الظواهر لا تساعد على ايجاد حل جزئى للقضية، ومن ثم اضافة المزيد من المعلومات عن الطرق التى يعمل بها الجو أو التى تسلكها تقلباته.

وتمشياً مع فكرة الدورات الجوية أيضاً، يوجد اعتقاد آخر يؤمن به فريق من الباحثين فحواه أن التغيرات أو الدورات فى طاقة الاشعاع الشمسى، بسبب ظهور البقع الشمسية ونحوها، تؤثر على عناصر الجو وتجعل التغيرات فيها تابعة لها، ولهذا انصب البحث أيضاً خلال فترة مضت على البقع الشمسية، ثم شملت تلك البحوث أيضاً كثيراً من الظواهر الشمسية الأخرى. والذى ثبت علمياً أن تغيرات النشاط الشمسى يصحبها بعد حين تغيرات فى طبيعيات الأرض، مثل التغير فى مجال الأرض المغناطيسى Magnetic field of the Earth وما يتصل به من ظواهر(*).

وعلى أيه حال فمن المسلم به علمياً وجود دورة مركبة لتغيرات البقع الشمسية، ومن ثم الثابت الشمسى، أى أن أرصاد النشاط الشمسى فيها ترابط زمنى، أما أرصاد الجو السطحية ففيها شبه ترابط مكانى وآخر زمنى، مما جعل من الصعب تقييم المعنى الاحصائى للنتائج. ورغم أن معرفة ما اذا كانت هناك علاقة بين تغيرات الاشعاع الشمسى والجو على سطح الأرض لها أهمية نظرية كبيرة، إلاّ أنه علينا قبل محاولة حل هذه القضية أن نتأكد أولاً من أن جو الأرض يظهر الى حد ما درجة من النظام والترتيب فى عملياته وتقلباته، وحتى اذا ما تأكدنا من ذلك يبقى علينا الوصول الى طريقة للتنبؤ بالحوادث الشمسية.

وهناك من الأدلة ما يثبت أن دخول الأرض من آن لآخر وسط سرب كثيف من أسراب الشهب السابحة فى الفضاء القريب، واحتراق ما يهوى منها فى جو الأرض

(*) سنتعرض لهذا الموضوع بالتفصيل عند دراسة التغيرات المناخية وبواعثها العلمية فى الفصل الأخير من هذا الكتاب.

العلوى يعقبه حدوث التساقط الغزير المتواصل والفيضانات العالية لما توفره أو ما يدخر فى الجو من نويات التكاثف Condensation nuclei التى هى رماد الشهب وأبخرتها بعد الاحتراق. ولقد أجريت الكثير من البحوث الاحصائية لايجاد معاملات الترابط بين هذه الظواهر الكونية وعناصر الطقس السطحية وتم بحث هذه القضية على نطاق كبير، واستخدمت فيها المتوسطات الشهرية لعناصر الجو، وقد أدى معظم هذه الأبحاث الى وجود ترابط عالمى بين العمليات الجوية، ولكن لم تنتج معاملات ارتباط كبيرة وثابتة إلى الحد الذى يجعل من الممكن استخدامها فى أعمال التوقع الجوى بصورة ثابتة.

ومنذ أواسط القرن العشرين الماضى قام العلماء بفحص عناصر الجو فى الطبقات العليا، وكذلك معدلات التغير فى الضغط ودرجة الحرارة، وحصلوا على نتائج ذات قيمة أحصائية لاتخلو من القيمة العملية. ولا شك أن القياسات الحديثة وخاصة قياسات الأقمار الاصطناعية قد مكنت من الحصول على زخم هائل من البيانات وكذلك مكنت من رؤية أكثر شمولاً فأمكن بذلك الحصول على صور وصفية وكمية لنوع الارتباطات المناخية الممكنة - ولعل أكثر ما ميز الوقت الحالى فى هذا المجال هو التقدم الكبير فى تكنولوجيا أجهزة الحاسب الآلى والتى تمكن من اجراء العمليات الرياضية والاحصائية لاعداد هائلة من القياسات بسرعة ودقة فائقين. يضاف إلى هذا عمليات التمثيل أو المحاكاة بالنماذج Simulation models والتى تعطى أفضل الفرص لتقدير العلاقات الإحصائية والرياضية واختبارها.

ومن أهم الظواهر التى تحدث فى مناخ العالم، وتكاد تتميز بتوقيت معين فى التقويم السنوى، هبوب الرياح الموسمية مثل الخماسين فى مصر، والرياح الجنوبية الغربية المطيرة فى السودان واثيوبيا ونحوهما، مما يمكن أن تكشف عنه المتوسطات الشهرية البسيطة لعناصر الجو.

ونحن اذا أردنا التوسع فى هذا البحث، استطعنا أن نكشف عن كثير من الوحدات المناخية أو الفترات التى قوامها عدة أيام متتالية يصبح فيها عنصر من عناصر الجو بارزاً عن بقية العناصر، كالنهاية العظمى لدرجة الحرارة أو النهاية العظمى لسقوط المطر.. ومن الوجهة العملية يمكن القول بأن المتوسطات المناخية الطويلة المدى - من ٢٠ إلى ٣٠ يوماً مثلاً - التى تختفى فيها معالم الحالات والظواهر قصيرة المدى والتغيرات العرضية، من الجائز اعتبارها أساساً يعتمد عليه فى عمل التوقعات الطويلة المدى، إلا أن هذا لا يعنى بحال اهمال المستويات المناخية الأصغر، أو انكار قيمتها العلمية. بل انها لها دور كبير فى الاستفادة منها بما تلقى من ضوء على التفاصيل الدقيقة لدورة الرياح العامة، وعلى دراسة الخرائط السطحية دراسة تفصيلية.

والآن بقى سؤال: هل هناك تغيرات فعلية فى المناخ كما تعبر عنه المتوسطات أو الوسائل الاحصائية؟. وللإجابة عن ذلك نقول: أن المدة التى جمعت فيها أرصاد يمكن الاعتماد عليها تبلغ نحو ٢٠٠ سنة. وليس من شك أنه عندما نحسب المتوسطات لفترة تتراوح بين ٣٠، ٥٠ سنة مثلا لمجموعة من العناصر فى مكان معين، نجد أن هذه المتوسطات تتغير بعض الشئ عندما تحسب فترة أخرى وأن تلك التغيرات حقيقية، فأمطار شمال مصر كما تمثلها محطات الأرصاد المحلية مثلاً، آخذه فى النقصان تقريباً منذ بداية القرن العشرين، أو على الأقل عبر فترات طويلة خلاله. ولقد وجد المهتمون بمثل هذه القضايا فى سائر أنحاء العالم أنه من الضرورى أن نتوصل إلى أسباب فى الفضاء أو فى جو الأرض نعلل بها هذه التغيرات المناخية، وحتى الآن لا تزال المعلومات غير كافية لشرح كل جوانب هذه الاختلافات رغم التقدم الكبير والقدرة على إجابة الكثير من الأسئلة المتعلقة بالظواهر والميكانيكيات المختلفة للجو والمناخ. إلا أنه يبدو أن الغلاف الجوى قادر من تلقاء نفسه على تخليص نفسه من تلك التغيرات من غير تدخل عوامل خارجية.

طرق استخدام خرائط الجو السطحية

ان أقصى حد للفترة التى تشملها التوقعات السليمة المستنبطة من تحليل الخرائط السطحية أو ما يسمى خرائط الجو Weather Maps هو ذلك الذى يمكن أن تمتد اليه مجالات الضغط الجوى الواقعى والكتل الهوائية السائدة، ومن بعد ذلك سريعاً ما تدخل تعديلات وعوامل جديدة تلعب أدواراً هامة تغير الأوضاع. وقد كان هناك العديد من المحاولات التى أجريت من أجل امتداد هذا الحد مع استخدام خرائط الطقس. وأول هذه المحاولات ما قام به العلماء منذ عشرات السنين لتقسيم خرائط الجو السطحية على أساس إقليمى وبطبيعة الحال فقد وجد أنه كلما زادت مساحة الاقليم زادت العقبات والتعقيدات. ووجد أنه بتركيز الانتباه على الدورة العامة وما يتبعها من ظواهر يمكن تقسيم بعض القارات كأوروبا الى عشرات الأنواع من الطقس السائد على سطح الأرض، ثم يدخل بعد ذلك البعد الثالث، أى طبيعة الجو الى ارتفاع خمسة كيلو مترات مثلاً. وبهذه الطريقة قسم فريق من العلماء خرائط الطقس السطحية المتجمعة خلال سنين عديدة إلى مجموعات، ثم حللوا النتائج التى حصلوا عليها تحليلاً احصائياً محاولين استنباط قواعد تفيد فى أعمال التوقع متوسط المدى. ومما أفاد فى هذا الصدد اجراء دراسات تفصيلية للتوزيعات المختلفة للضغط الجوى ودرجة الحرارة والرياح ونحوها التى تصاحب أنواعاً معينة من الطقس فى مختلف الفصول.

ولعلنا نستطيع أن نتبين كثرة التعقيدات ووفرة العوامل التى تدخل فى عمليات التوقع الجوى اذا ما عرفنا أنه بالرغم من المجهود العلمى الكبير الذى بذله علماء

ولعلنا نستطيع أن نتبين كثرة التعقيدات ووفرة العوامل التى تدخل فى عمليات التوقع الجوى اذا ما عرفنا أنه بالرغم من المجهود العلمى الكبير الذى بذله علماء الأرصاد الجوية فى كافة فروع علم الطبيعة الجوية لم يصل أحد بعد إلى صياغة قواعد خاصة ثابتة أو منظمة يمكن الاعتماد عليها فى أجراءات التوقع الجوى طويل المدى. ومازالت محاولة الوصول الى حل قضية التوقع متوسط المدى بطريقة تقسيم الطقس الى صور وأنواع من المحاولات التى تحتاج الى ادخال طريقة عملية تستبعد بها التغيرات الصغيرة أو الطارئة التى تحدث عند السطح.

ومن الطرق التى تسترعى الانتباه فى سهولتها طريقة التوقع بتطورات الجو السطحية بالاستعانة بنموذج أو نماذج سابقة لتوزيعات أهم العناصر، كالضغط الجوى والرياح مثلاً. ولما كان جزء كبير من ممارسة التوقع الجوى بواسطة الخرائط يعتمد على النماذج التى يرسمها المتنبئ فى ذهنه فأنه من المستساغ أن يجد احلال النماذج الواقعية محل التصور الذهنى إقبالاً فى اجراءات التوقعات قصيرة المدى. ولعل من أهم الأسباب التى تدعو الى ذلك أن هذا الاحلال يعد بمثابة احدى المحاولات برغم أنه فى الحقيقة لا يوجد أسلوب أكثر فائدة من استخدام النماذج، وبرغم أن الحصول على نموذج سطحى عظيم الشبه بالحالة التى يراد التكهن بها، هى عملية من الصعوبة بمكان، ولا يمكن أن نصل فى هذا الصدد الى درجة من الحقيقة الكاملة. وبذلك فإن احتياجاتنا لهذا الغرض عظيمة ودقيقة، أننا نريد أولاً التشابه التام فى توزيع الضغط الجوى، ثم التماثل فى خواص الكتل الهوائية فى الأبعاد الثلاثة مع توافر تناسب معقول بين الزمنين من حيث فصول السنة، هذا كله بالاضافة الى أن النموذج السطحى هو نفسه تمثيل علمى غير كامل الاتقان للطقس السائد. ولهذا أدخل البعد الثالث، وأعدت نماذج للأجواء العليا زادت من دقة عمليات التوقع ووصلت بالتوقعات قصيرة المدى الى درجة الاتقان فى كثير من البلدان.

طرق الرقمنة والمحاكاة Numerical methods and simulations

ان التفاعل المستمر ما بين طبقات الجو المختلفة، وتدخل عوامل جديدة من آن لآخر قد يزداد تأثيرها كثيراً، كل ذلك يدل على أن الحل العددى الدقيق لقضية التوقع الجوى لا يمكن الحصول عليه بسهولة. وهناك على أية حال نجاح مضطرد فى الأوساط العلمية المهتمة بهذا الأمر، حيث تتزايد القدرة على تصميم قضية التوقيع لمدة ٢٤ ساعة بالطرق العددية التى تعتمد على الأسس الطبيعية باستخدام الحسابات الآلية يوماً بعد يوم.

وحتى الستينيات من القرن العشرين المنصرم كان التوقع قاصراً على تقدير التوقعات قصيرة المدى باسخدام الوسائل الحسابية. وكان مثل هذا التوقع مبنيا على دراسة حالة الجو الراهنة، ولهذا ظهرت فكرة النماذج الجوية Weather Models – وكانت التغيرات البطذيلة التى تطرأ على عناصر الجو تؤخذ فى الحسبان، ولقد نجح التوقع الجوى باستخدام هذه الطرق كذلك فى حالة التوقعات طويلة المدى. وفيها تؤخذ هذه التغيرات البطيئة كجزء أساسى من النظام. وكان هذا النوع يتضمن عادة تفاصيل الدورة الهوائية العامة. وكانت النماذج الجوية المستخدمة حينذاك تنقسم الى نوعين رئيسين: نوع يعالج موضوع التوقع بمجال الرياح مباشرة، ولهذا النموذج مزاياه من الوجهة الرياضية، أما النوع الثانى فهو يعالج التوقع بما ستؤول اليه حركة الرياح ودورانها فى المستقبل. وفى كثير من الدول تم انجاز بحوث عديدة من عدة عشرات من السنين على النوع الثانى. فمثلاً النموذج الذى فيه لا تتقاطع أسطح تساوى الضغط الجوى مع أسطح تساوى الكثافة له هو نوع بسيط يبنى على إعادة توزيع طاقة الحركة دون نقص فيها أو زيادة. وهنا يمكن تحديد توريعات الضغط الجوى، كما أن التغير في طاقة الحركة يكون صغيراً بالنسبة الى الطاقة ذاتها فى مدى يوم أو يومين. وتمه كذلك دراسة النماذج التى فيها تتقاطع أسطح نساوى الضغط الجوى مع أسطح تساوى الكثافة وهى تتضمن تفاصيل جوية عديدة، كما تأخذ فى الحسبان صفات الجو الديناميكية الحرارية، وبذلك تعطى التوقع بطرق انسياب الهواء فى أكثر من مستوى. ويبدو أنه من اللازم ادخال عوامل طبيعية بالاضافة الى التغيرات الذاتية، مثل العوامل المحلية، والاحتكاك، وتوزيع الغبار وبخار الماء، وما يتبع ذلك من عمليات الاشعاع.

ومازال هدف الدراسات العلمية حتى الآن هو صياغة المعادلات اللازمة لانجاز التوقعات الجوية، ويتطلب ذلك جمع الأرصاد على ارتفاعات معينة ومن أماكن متفرقة باستخدام كل وسائل القياس الممكنة بطريقة سريعة صالحة لادخالها فى الحساب الآلى حيث يتولى عمليات المحاكاة والنماذج اجراء التمثيل البرامجى لها سواء كان ذلك بهدف فهم تأثيرات معينة أو المساعدة على التوقع بالظروف الجوية قصيرة أو طويلة المدى، ولعل هذا النوع من الحل الرياضى أو التمثيل الرياضى باستخدام أجهزة الحاسب الآلى المتطورة يمثل الآن جوهر دراسة المناخ والظواهر الجوية دراسة فى المناخ التفصيلى. وكما سبق فان دور الأقمار الاصطناعية قد يكون فى واقع الأمر بمثابة الثورة العلمية الأكبر فى هذا المجال، ونتائجها المبهرة والسريعة التدفق والتقدم تخطو بخطوات سريعة وطفرات كبيرة نحو المزيد من الفهم والقدرة على التوقع (التنبؤ) الجوى بأنواعه.

الفصل الرابع

عناصر المناخ التطبيقي

عناصر المناخ التطبيقي

مقدمة:

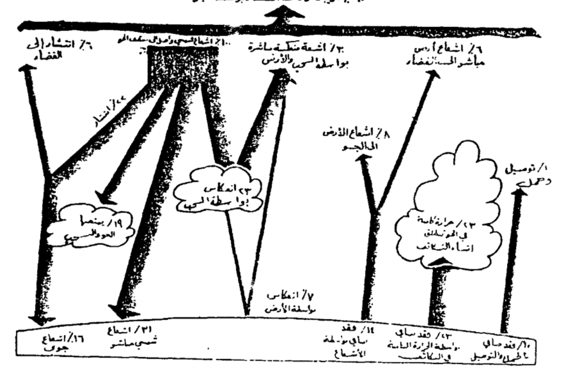
تمارس العناصر المناخية تأثيراتها على جوانب البيئة الطبيعية والبشرية. وتشمل هذه العناصر؛ الاشعاع، وفترة السطوع الشمسى، والسحب، ودرجة الحرارة، والتساقط، والرطوبة الجوية، وحركة الهواء (الرياح)، والتبخر. وعلى الرغم من أن تفاعل تلك العناصر مع بعضها يعطينا صورة واضحة عن حالة الجو السائدة، إلا أن فاعلية عنصر أكثر من غيره تفرض علينا البحث عن أسباب اختلاف الأحوال المناخية بين منطقة وأخرى. ولما كانت المؤثرات المناخية لا تبرز بصورة واضحة من خلال تركيبها، لذا فإن معالجة كل عنصر من العناصر السابق ذكرها تمكن من إيضاح العلاقة ما بين هذا العنصر والجانب المتأثر به من جوانب الوسط البيئى الطبيعى والبشرى المختلفة. وفيما يلى عرض موجز لعناصر المناخ التى لها تأثير ملحوظ على حياة الإنسان وأنشطته.

١ - الاشعاع

تعد الشمس هى مصدر كل أشكال الطاقة، سواء ما كان منها بشكل حفرى يتمثل فى الفحم والنفط، أو ما كان منها بشكل حرارة مباشرة. وما درجة الحرارة، والضغط والكتل الهوائية، والتيارات المحيطية (البحرية) إلا شكل من أشكال اختلاف كمية الأشعة التى تتلقاها أجزاء سطح الأرض المختلفة. وإذا كانت كمية الأشعة التى يتلقاها الجو وسطح الأرض، وتلك التى يفقدها الجو وسطح الأرض، متوازنة خلال فترات طويلة من الزمن على مستوى المكان، فإن هناك اختلافات كبيرة على مستوى فترات زمنية محدودة – يوم أو حتى سنة – حيث يكون هناك وقت فيه مكسب اشعاعى، ووقت آخر تكون فيه خسارة اشعاعية، ففترة النهار وفترة الصيف تتميزان بأنهما عبارة عن فترتى الكسب الاشعاعى، بينما تتميز فترة الليل والشتاء بأنهما فترتى الخسارة الاشعاعية. وتختلف كمية الأشعة الشمسية التى تصل سطح الأرض ليس من وقت إلى آخر أثناء اليوم، أو من يوم إلى يوم، وإنما تختلف وتتباين من موقع إلى آخر، ولهذه الاختلافات والتباينات تأثيرات كبيرة على درجة الحرارة وجملة العناصر المناخية الأخرى.

وحيث أن الأرض تبعد عن الشمس بمسافة تصل إلى ١٥٠ مليون كيلومتر فى المتوسط، وكمية الأشعة التى تبعثها الشمس هى فى الأصل ثابتة تقريباً، وما يتلقاه السنتيمتر المربع الواحد من سطح الغلاف الجوى للأرض يقارب من ٢ وحدة حرارية فى الدقيقة الواحدة، وهذه الكمية ثابتة تقريباً أيضاً، إذ أن اختلافاتها محدودة جداً لا تتعدى ±٣٪، وهذا يرجع إلى مدار الأرض الإهليلجى حول الشمس والذى ينجم عنه اختلاف فى بعد الأرض عن الشمس. إلا أن هناك عدة عوامل تحدد شدة الأشعة الشمسية، من أهمها زاوية ورودها إلى سطح الأرض، فكلما ازداد بعد الأشعة عن الوضع العمودى قلت شدتها، وفى المنطقة المحصورة بين المدارين فإن ميل الأشعة الشمسية عن الوضع العمودى يتراوح بين +٢٧َ،٢٣° و -٢٧َ ، ٢٣°. وهذا كله يلعب دوراً كبيراً فى خلق تمايزات كبيرة فى شدة الأشعة فى المناطق الشديدة التضرس، والتى لها اتجاهات متعاكسة، بعضها نحو الجنوب والآخر نحو الشمال، وخاصة فى المناطق الواقعة خارج المدارين.

ومن المعروف أنه لا يصل إلى سطح الأرض سوى نسبة محدودة من قيمة الثابت الشمسى، ذلك أن عناصر الغلاف الجوى المختلفة من بخار ماء، وقطرات ماء، وغبار، وغازات أخرى متعددة - كثانى أوكسيد الكربون، والأوزون ... -، تمارس تأثيراتها على الأشعة الواردة إلى سطح الأرض. فجزء من الأشعة الداخلة إلى الجو يمتص من قبل بعض غازاته، وجزء ينتشر فى اتجاهات مختلفة، والجزء الآخر ينعكس باتجاه الفضاء، فى حين يصل ما تبقى إلى السطح (شكل رقم : ١ - ٤). فالسحب لها درجة عاكسية كبيرة، فى حين أن نسبة امتصاصها محدودة جداً لا تزيد عن ٥٪ من الأشعة التى تتلقاها، أما فى حالة السماء الصافية فإن نسبة الأشعة التى تصل سطح الأرض تقدر بحدود ٧٥٪ من الأشعة الواصلة إلى سطح الغلاف الجوى، ذلك أن نسبة من الأشعة تضيع بالانتشار والامتصاص. وتعتمد عمليتى الامتصاص والانتشار على طول الموجات الاشعاعية، وعلى حجم المركبات الغازية فى الجو. فالموجات الاشعاعية لا تنتشر بدرجة متساوية، لأن الموجات الأكثر قصراً تكون أكثر تعرضاً للانتشار. وهذه الحقيقة توضح سبب انتشار الضوء الأزرق أكثر من الأحمر، وبالتالى سبب زرقة السماء. ويقدر أن نحو ٦٪ من الأشعة الشمسية تنتشر عائدة إلى الفضاء من الجو. وإذا كان الأوكسجين والأوزون يمتصان الأشعة قصيرة الموجة التى طول موجاتها يتراوح بين ٠,٠٢ إلى ٠,٢٩ ميكرون، فإن لبخار الماء وثانى أوكسيد الكربون دوراً كبيراً فى امتصاص الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة.



(شكل رقم: ١ - ٤) الموازنة الاشعاعية

وتختلف شدة الأشعة المنبعثة من الشمس باختلاف طول الموجة - حسب قانون بلانك - وتصل شدتها العظمى فى الفوتون الأخضر - الأصفر. كما يوضح قانون بلانك أن القدرة الاشعاعية لجسم ما تتناسب مع درجة حرارته. ويظهر قانون ستيفان بولتزمان Stefan Boltzman أن كمية الطاقة التى يشعها جسم أسود - حيث أنه يمتص كل الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة عليه - تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة[١]، وهذا يعطى صورة توضيحية لسلوك الشمس والأرض كأجسام سوداء. وعليه فإن معرفة درجة حرارة الأرض فى منطقة ما تمكن من حساب الكمية التقريبية للاشعاع الذى تبثه والتوزيع الطيفى لهذا الاشعاع. كما توجد علاقة بين درجة حرارة الجسم المشع وطول موجة النهاية القصوى للبث الاشعاعى؛ فالشدة العظمى لاشعاع الأرض يكون عند طول

---

(١) درجة الحرارة المطلقة هى درجة الحرارة العادية (مئوية) + ثابت كالفن وهو ٢٧٣.

موجة ١٠ ميكرون، بينما الشدة العظمى لإشعاع الشمسى يكون عند طول موجة يقارب من ٠.٥ ميكرون. وإذا كانت الأرض تشع كجسم أسود عند درجة حرارة ٣٠٠ كالفن، وبما أن طول موجات الأشعة التى تبثها يتراوح مداه بين ٣ - ٥٠ ميكرون، فإن هذه الأشعة الأرضية طويلة الموجة تلعب دوراً كبيراً فى التوازن الإشعاعى الطويل الأمد فى الجو. ومعظم الأشعة طويلة الموجة - الشمسية والأرضية - تمص فى الجو من قبل بخار الماء وثانى أوكسيد الكربون وغطاء السحب، وتقوم هذه المواد بدور غطاء واق للأرض أثناء الليل يحميها من البرودة، إلا أن هناك فوتونات إشعاعية لا تمتصها مركبات الجو ولذا فإنها ترتد نحو الفضاء الخارجى، وتعرف تلك الفوتونات بالنوافذ، وهى ما تقع ضمن مدى طول موجة يتراوح بين ٨ - ١٣ ميكرون، و ٤ - ٦ ميكرون. وينص قانون كيروشوف Kirchhoff أنه عند درجة حرارة معينة فإن نسبة القوة الامتصاصية إلى القوة الانبعاثية لطول موجة معين يكون واحداً فى كل الأجسام، ولذلك فإن الجسم الماص بشكل جيد هو فى الوقت نفسه جسماً مشعاً بشكل جيد .. والعكس صحيح. وتحتل الأشعة قصيرة الموجة ضمن الطيف الشمسى نسبة تقارب ٥٠ ٪، والبقية تتمثل فى الأشعة الطويلة الموجة الحرارية (الحمراء وتحت الحمراء). والأشعة المرئية هى تلك التى تشكل ضوء الشمس، وهى أشعة قصيرة الموجة (تحتل نسبة ٤١ ٪ و ٩ ٪ الباقية عبارة عن أشعة فوق بنفسجية وأشعة إكس وجاما).

وفى أثناء النهار فإن الأشعة القصيرة الموجة تكون هى المسيطرة، ومع هذا فإن الاشعاع الصافى يكون متجهاً نحو سطح الأرض. أما فى الليل فإن الأشعة طويلة الموجة (الأشعة الحرارية) المتجهة نحو السماء تكون هى الغالبة، وهذا ما يجعل درجات الحرارة الليلية أخفض من درجات الحرارة النهارية. إلا أن غطاء السحب يمنع تسرب الأشعة نحو الفضاء حيث يعيد جزءاً كبيراً منها نحو سطح الأرض مما يحمى الأرض من البرودة، وهذا ما دلت عليه القياسات التى تمت فى مدينة سيدنى (استراليا) فى شهر أبريل، حيث أن درجة الحرارة لم تنخفض سوى ٢.٤° فيما بعد الفترة التالية لغروب الشمس بثلاث ساعات فى الجو الملبد بالسحب، لكنها انخفضت ٦.٢°م فى حال خلو السماء من السحب.

٢ - سطوع الشمس، وكمية الغيوم

يرتبط هذان العنصران ارتباطاً وثيقاً بالإشعاع، ففترة الإضاءة، ونسبة الغيوم تحددان إلى درجة كبيرة كمية الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض، والصادرة منه تجاه الفضاء الخارجى.

أ - **سطوع الشمس** : المقصود بسطوع الشمس هى فترة الإضاءة المحددة بالفترة التى تبقى فيها الشمس ساطعة فى السماء، وهنا فإنه يجب علينا التمييز بين المدة الفعلية لسطوع الشمس، وبين عدد الساعات العظمى الممكنة لسطوع الشمس (طول النهار). وهناك العديد من العلاقات التى تربط بين الإشعاع وسطوع الشمس، ولربما أفضل تلك العلاقات هى العلاقة التالية (على موسى، ١٩٨٢):

$$Q/Qo = 0.29 \cos \varphi + 0.52\, n/N$$

حيث:

Q = الإشعاع الكلى على سطح أفقى عند عرض φ .

Qo = الإشعاع الكلى فى حال انعدام الجو عند عرض φ .

n = المدة الفعلية لسطوع الشمس.

N = المدة النظرية لسطوع الشمس.

Cos φ = جيب تمام زاوية العرض φ.

ومن الأفضل أن تستخدم هذه العلاقات لفترات طويلة، كأن تكون متوسطات ١٠ أيام على الأقل، حيث أن القيم التى تعطيها أيام فردية تكون غير دقيقة.

ب - **كمية الغيوم**: هو اصطلاح يشير إلى درجة تغطية السماء بالسحب، وعلى هذا فإن وجود السحب بالسماء له انعكاس على فترة الإضاءة الشمسية، علماً بأن الفترة الليلية من اليوم تحتوى على سحب، وللغيم الليلى الكثير من الفوائد فى مجال التطبيقات المناخية. ويحسب الغيم كنسبة مئوية من تغطية السماء بالسحب، فإذا ما كانت السماء مغطاة كلياً بالسحب فإن نسبة الغيم تكون ١٠٠ ٪، أما إذا كان نصف السماء مغطى بالسحب، فالنسبة عندها تكون ٥٠ ٪. وأحياناً يستخدم مقياس الثمن أو العشر. ومعرفة عدد الأيام الغائمة تعطى صورة عن الأحوال المناخية العامة فى المنطقة[(1)]، خاصة اعتدال المناخ أو تطرفه، قرب المنطقة من البحر أو بعدها عنه.

٢ - درجة الحرارة

تعد درجة الحرارة المظهر الرئيسى للإشعاع، وتتعلق بكل من الأشعة الأرضية والأشعة الشمسية، فهى محصلة لهما. وتلعب الصفات الفيزيائية للأسطح المشعة والعاكسة

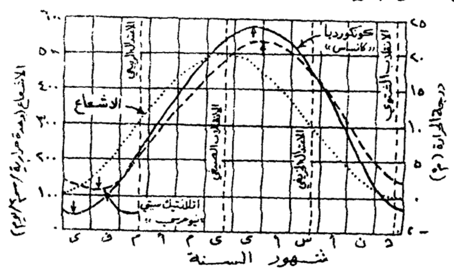
---

(١) يكون اليوم غائماً إذا كانت نسبة تغطية السماء بالسحب لا تقل فيه عن ٧٠ ٪ (أى $\frac{٧}{١٠}$ أو $\frac{٦}{٨}$ تقريباً.

دوراً كبيراً فى تحديد درجة حرارة تلك الأسطح وجوها القريب منها، وهناك عدة أجهزة لقياس الحرارة، كما أن وحدات القياس متنوعة، منها المقياس المئوى، والمقياس الفهرنهيتى، ومقياس كالفن (المقياس المطلق).

وتتميز درجة الحرارة على سطح الأرض بالاختلاف الـ[illegible]ـير جداً، فالفارق ما بين أعلى درجة حرارة وأدنى درجة حرارة بلغ نحو ١٤٧° مئوية، حيث سجلت أعلى درجة حرارة فى سان لويس (المكسيك) ومقدارها ٥٨° مئوية ومثلها تقريباً فى بلدة العزيزية بليبيا، أما أدنى درجة حرارة فكانت -٨٨° مئوية فى القارة القطبية الجنوبية. إلا أن أعلى متوسط سنوى للحرارة بلغ ٣٥° مئوية فى منطقة دالول Daliol فى أثيوبيا، بينما سجل أدنى متوسط سنوى للحرارة عند قطب البرد فى القارة القطبية الجنوبية وكان مقداره -٥٨° مئوية.

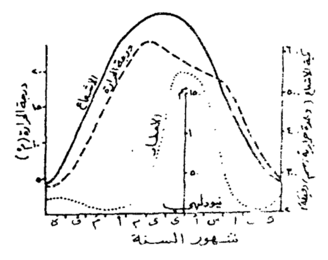
أ - **الدورة السنوية للحرارة** : ترتبط الدورة السنوية لدرجة الحرارة فى المناطق الخالية من السحب ارتباطاً وثيقاً بميل الأشعة الشمسية عن الوضع العمودى، ولكن مع فترة تأخير تقارب شهر للنهايات الحرارية عن النهايات الإشعاعية (شكل رقم : ٢ - ٤). وإذا كان التأخير يتراوح بين ٢ - ٤ أسابيع فى المناطق القارية، فإنه يصل إلى ٦ - ٨ أسابيع فى المناطق البحرية.



(شكل رقم ٢ - ٤) العلاقة بين درجة الحرارة والإشعاع الشمسي في منطقتين: إحداهما بحرية (أتلانتيك سيتي) والأخري قارية (كونكورديا)

وإذا كانت السحب عامل تدفئة أثناء الليل، فإنها عامل تبريد أثناء النهار حتى ولو كان هناك فى النهار فإن الحرارة الكامنة المنطلقة أثناء التكاثف لا تعوض تلك التى

تعكسها السحب وتنشرها قطرات الماء (شكل رقم ٣ - ٤) . ولما كان لبخار الماء دوراً فى منع الإشعاعات الأرضية الليلية طويلة الموجة من الانطلاق نحو الفضاء، لذا فإن المدى السنوى للحرارة يكون فى المناطق البحرية أقل من المناطق القارية؛ ففى جاليوت (جزيرة مارشال) لا يزيد المدى السنوى عن ٠,٥° مئوية لكنه يقارب ٤٠° مئوية فى وينيبج (كندا) .



(شكل رقم : ٣ - ٤) درجة الحرارة والأمطار والإشعاع الشمسي في نيودلهي - الهند

ب - الدورة اليومية للحرارة: وهى تشبه الدورة السنوية فى أنها تتعلق بالإشعاع الشمسى - إذا لم تتدخل العوامل الأخرى - ، وهى أيضاً تختلف فى المناطق البحرية عنها فى المناطق القارية، فالمدى اليومى للحرارة لايزيد فى جاليوت عن ٦° مئوية (منطقة بحرية) لكنه يصل إلى ١٣° مئوية فى وينيبج (منطقة قارية) . وتتأخر النهايات الحرارية عن النهايات الإشعاعية أيضاً، فأقصى درجة حرارة تسجل حوالى الساعة الثانية بعد الظهر، فى حين أن أدنى درجة حرارة تسجل قرابة الساعة الخامسة صباحاً (قبيل شروق الشمس) .

جـ - **تغير درجة الحرارة مع الارتفاع:** إن درجة الحرارة تتناقص مع زيادة الارتفاع بمعدل يقترب من ٠,٥٥° مئوية لكل ارتفاع مقداره ١٠٠ متراً. وأن عملية التناقص هذه عملية ذاتية أو أديباتية ناجمة عن تمدد الهواء مستمداً الطاقة المبذولة من طاقته الداخلية. ومعدل التناقص هذا ليس واحداً فهو يختلف فى الأجواء الحارة عن الباردة، وفى الرطبة عن الجافة، إلا أن مداه يتراوح بين ٠,٤° - ٠,٨° مئوية وأحياناً أكثر (١° مئوية لكل ١٠٠ متر ارتفاع فى الجو الجاف) . وإذا كان المدى الحرارى اليومى يتزايد مع الارتفاع

عن سطح البحر، فإن المدى السنوى يقل. كما أن فترة حدوث درجة الحرارة العظمى والصغرى تتأخر فى المستويات العليا عما هى عليه فى المستويات السفلى.

وفى السنتيمترات الأولى القريبة من سطح الأرض يكون اختلاف الحرارة كبيراً جداً، إذ تبين من القياسات التى تمت فى جنوب الجزيرة العربية فى الفصل الحار النتائج التالية (على موسى، ١٩٨٢):

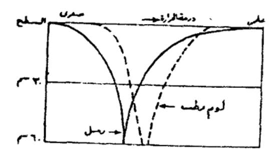
(أ) ٧١°ملوية عند السطح مباشرة، ٣٨°ملوية عند ارتفاع متر واحد فقط.

(ب) ٧٧°ملوية عند السطح مباشرة ، ٤٩° ملوية عند ارتفاع ٥ سنتيمتر فقط.

د - درجة حرارة التربة: تعتمد درجة حرارة التربة على عاملين رئيسيين، هما ؛ التوصيل الحرارى، والسعة الحرارية. وتختلف فاعلية هذين العاملين باختلاف حالة التربة، إذا كانت رطبة أم جافة، وإذا كان الهواء موصلاً رديئاً للحرارة(٠.٠٠٣ وحدة حرارية/سم٢/دقيقة) فإنه موصل جيد للإشعاع، غير أن الأمر ينعكس فى التربة، فهى ذات توصيل للحرارة أفضل من الهواء، لكنها موصل ردئ جداً للإشعاع. ومع هذا فإن درجة حرارة التربة تختلف عن درجة حرارة الهواء.

ونسيج التربة أو قوامها يحدد الكثير من صفاتها الحرارية، فالتربة الرملية الجافة تسخن بسرعة كبيرة عند السطح أثناء النهار، بسبب سعتها الحرارية القليلة وتوصيلها الردئ، ولكن عند عمق سنتيمترات قليلة تنقص الحرارة نقصاً كبيراً (شكل رقم : ٤ - ٤)، إلا أن الأمر يختلف فى تربة غرينية (لومية) رطبة، إذ أن تغير درجة الحرارة مع العمق يكون أكثر بطئاً لأن توصيل الحرارة أكبر، إلا أن سطحها لا يسخن كما يسخن سطح التربة الرملية. وفى الليل يحدث العكس، فالتربة الرملية تبرد بسرعة أكبر من سرعة التربة الغرينية، بسبب التوصيل الردئ للحرارة من الأسفل.

وهذه بعض القيم المتوسطة التى توضح درجات حرارة التربة لأعماق مختلفة (على موسى، ١٩٨٢)؛ فعند عمق ٣ متر يقترب المدى السنوى للحرارة من ٣° ملوية، ينخفض إلى ٢° ملوية عند عمق ٦ متر، ويصبح درجة ملوية واحدة فقط عند عمق ١٠ متر. أما فى الماء، فإنه بسبب قدرته على نقل الإشعاع إلى أعماق عدة أمتار، فإن هذا يجعل المدى السنوى يقترب من ٥°ملوية عند عمق ٢٠ متراً، لكنه ينخفض إلى درجة ملوية واحدة عند عمق ٥٠ متراً.



(شكل رقم : ٤ - ٤) النمط اليومي لاختلاف درجة الحرارة حسب نوع التربة

وكما هى الحال فى الهواء الحر، فإن النهايات الحرارية فى التربة تتأخر عن النهايات الإشعاعية، بسبب حركة نقل الحرارة ضمن التربة. وبوجه عام فإن التأخير يبلغ قرابة ١٢ ساعة عند عمق ٣٠ سنتيمتراً، وقرابة ٦ أشهر عند عمق ١٠ أمتار، وهكذا نجد أن الفترة الأكثر حرارة أثناء اليوم تكون عند منتصف الليل على عمق ٣٠ سنتيمتراً، بينما تكون الفترة الأكثر حرارة من السنة فى الشتاء على عمق ١٠ أمتار.

ولا تقل حرارة التربة أهمية عن حرارة الهواء بالنسبة للزراعة، حيث تعد العوامل الرئيسية التى تؤثر على الإنبات ونمو الجذور، وعلى اختصاص الماء والعناصر الغذائية الموجودة فى التربة.

٤ - التساقط

المقصود بالتساقط هو كل ما يسقط من السماء بشكل سائل (مطر) أو صلب (ثلج أو برد). ولابد لحدوث التساقط من أن يكون الجو مشبعاً ببخار الماء، وهذا يتطلب إما إمداداً ببخار الماء، أو إنخفاضاً فى درجة الحرارة، ولذا لابد من حدوث التبريد حتى يتكاثف بخار الماء متحولاً إلى قطرات يعجز الهواء عن حملها، ولا بد من توفر بعض الجسيمات من المادة فى الجو، كالغبار والدخان، وذرات الملح ... إلخ، والتى تشكل نويات تكاثف.

وتبريد الهواء يتم بصعوده لأعلى، وهناك ثلاث طرق لهذا الصعود هى:

أ - الصعود التضاريسى أو الأوروجرافى؛ ويرجع هذا إلى اصطدام الكتلة الهوائية بحاجز تضاريسى مرتفع مما يجبرها على الصعود، ومن ثم يبرد الهواء .

ب - الصعود بطريق الحمل؛ وينجم عن التسخين الشديد لسطح الأرض، مما يجعل الهواء يتمدد ويصعد لأعلى.

جـ - الصعود الإعصارى (الجبهى)؛ ويتم بفعل تصادم كتلتين هوائيتين مختلفتين فى درجة حرارتهما ورطوبتهما، مما يجعل الكتلة الحارة الأخف تصعد لأعلى فتبرد ويتكاثف بخار مائها ويتم التساقط.

وباستثناء المناطق الواقعة بين الدائرتين القطبيتين واا مطب حيث معظم التساقط يكون ثلجياً، فإن بقية من اطق الأرض يغلب فيها التساقط المطرى. وللأمطار أهمية كبرى بالنسبة لكافة أشكال الحياة.

ولا ريب أن الأمطار - وأشكال التساقط الأخرى - هى مصدر الماء السطحى والجوفى، وعلى هذه المياه تقوم الزراعة، وتربية الحيوان. واختلافات الأمطار أشد وأعظم من اختلافات الحرارة، فهناك مناطق لا تتلقى فى بعض السنوات قطرة مطر واحدة، فى حين نجد مناطق أخرى تتلقى مئات السنتيمترات من الأمطار فى السنة. وأعلى معدلات مطرية سجلت حتى الآن كانت فى ولايات أسام الهندية، وفى جزيرة هاواى، وجبال الكاميرون. حيث بلغ معدل الأمطار السنوية فى تشيرابونجى (الهند) ما يقرب من ١١,٥ متر، ومثله أيضاً سجل فى جبال وايا ليلا Waialele (هاواى)، كما أن ديبوندستشا فى الكاميرون سجلت ١٠,٣ متر. إلا أن أجف مناطق الأرض هى صحراء اتكاما، والصحراء الكبرى، ففى أريكا (شيلى) ووادى حلفا (السودان) قد تمر عليهما عشر سنوات دون أن تسقط عليهما كميات تذكر من الأمطار.

وكانت أعلى كميات مطر سنوية وشهرية ونصف شهرية سجلت حتى الآن فى تشيرابونجى، بينما أكبر كمية مطر يومية سجلت فى بلدة سيلاوس (جزيرة رينيون)، أما أكبر كمية مطر سقطت فى دقيقة واحدة فكانت فى بلدة أينيونفيل (ولاية ميرلاند الأمريكية). والجدول التالى يبين أكبر كميات مطر سقطت حتى الآن على مدار السنة ومدتها.

المكان	الكمية (ملم)	التاريخ	المدة
شيرابونجى (الهند)	٢٦٤٧٠	أغسطس ١٨٦٠ ، يوليو ١٨٦١	١٢ شهر
شيرابونجى (الهند)	٢٢٩٩٠	يناير - نوفمبر ١٨٦١	١١ شهر
شيرابونجى (الهند)	٢٢٤٥٤	أبريل - سبتمبر ١٨٦١	٦ أشهر
شيرابونجى (الهند)	٩٣٠٠	يوليو ١٨٦١	شهر واحد

شيرابونجى (الهند)	٤٧٩٨	٢٤ يونيو – ٨ يوليو ١٩٣١	١٥ يوم
سيلاوس (رينيون)	٣٨٥٤	١٣ – ١٨ مارس ١٩٥٢	٥ أيام
سيلاوس (رينيون)	٢٥٠٠	١٥ – ١٧ مارس ١٩٥٢	٢ يوم
سيلاوس (رينيون)	١٨٧٠	١٥ – ١٦ مارس ١٩٥٢	٢٤ ساعة
بيلويفى (رينيون)	١٣٤٠	٢٨ – ٢٩ فبراير ١٩٦٤	١٢ ساعة
بيلويفى (رينيون)	١٠٨٧	٢٨ فبراير ١٩٦٤	٦ ساعات
هانس (تكساس)	٥٥٨	٣١ مايو ١٩٣٥	٢ ساعة و٤٥ دقيقة
هولت (ميسورى)	٣٠٥	٢٢ يونيو ١٩٤٧	٤٢ دقيقة
فوسين (بافاريا)	١٢٦	٢١ مايو ١٩٢٠	٨ دقائق
أينيونفيل (ميريلاند)	٣١	٤ يوليو ١٩٥٦	دقيقة واحدة

وتتسم اختلافات الأمطار بأنها كبيرة ما بين سنة وأخرى، وشهر وآخر، وقد يصل هذا الاختلاف إلى درجة تؤثر على المحاصيل الزراعية وخاصة المطرية منها.

ويستعدم لمعرفة مدى تغير الأمطار عن معدلها العام؛

١ – مقياس الانحراف المعيارى:

$$ع = \sqrt{\frac{مج (س - م)^{٢}}{ن}}$$

حيث: ع = الانحراف المعيارى

س = كمية المطر السنوية

م = معدل كمية الأمطار السنوية

ن = عدد السنوات

مج = مجموع

٢ – كما ويستخدم أحياناً معامل الاختلاف:

$$معامل\ الاختلاف = \frac{الانحراف\ المعيارى}{معدل\ كمية\ الأمطار} \times ١٠٠$$

وكلما كانت المنطقة أقل أمطاراً كلما ازدادت قيمة معامل الاختلاف.. والعكس صحيح. ومما لاشك فيه أن الأمطار التى تسقط فى فترة الليل أكثر أهمية بالنسبة للمحاصيل الزراعية من الكمية الساقطة أثناء ساعات النهار الحارة، ذلك أن كمية الفاقد

بالتبخر أثناء الليل مقارنة بالنهار تكون محدودة. وفى مناطق أمطار الحمل فإن الجزء الأكبر من الأمطار يسقط فى فترة بعد الظهيرة وحتى المساء.

وكما هو معروف فإن كمية التساقط تتزايد مع تزايد الارتفاع عن مستوى سطح البحر، ومعدل التزايد هذا يختلف مع المظهر الطبوغرافى، ومع الحالة الجوية العامة السائدة. إلا أن التساقط لا يتزايد بصورة مطلقة مع تزايد الارتفاع، ذلك أن هناك مستوى يكون عنده الهواء قد فقد الجزء الأكبر من حمولته من بخار الماء، وهذا المستوى هو الذى يعرف بمستوى التساقط الأعظم يعقبه تناقص فى كمية التساقط مع الارتفاع. وإذا كان مستوى التساقط الأعظم يقع على ارتفاع ١٠٠٠ متراً فى هاواى، فإنه يزداد حتى ارتفاع ٣٠٠٠ متراً فى أفريقيا الشرقية، وفى جبال نيفادا فى ولاية كاليفورنيا يقع على ارتفاع يقترب من ١٥٠٠ متر.

- **الثلج** : لسنا بصدد التعرض لآلية تشكيل البلورات الثلجية، وإنما بصدد تحديد كميات الثلج الساقطة، والتى تغزر كلما ازدادت برودة المنطقة. ويندر سقوط الثلج فيما بين المدارين سوى فى الأجزاء المرتفعة منها، بينما يشكل تساقط الثلج فى مناطق العروض العليا حقولاً ثلجية بسمك يزيد عن بضعة أمتار. وفى بعض الحالات يصعب معرفة كمية الثلج الساقطة فعلاً من السماء بسبب الثلوج المنجرفة والمثارة بفعل العواصف الريحية. ورغم أن الثلج يحمى التربة من خطر الصقيع، إلا أنه أيضاً يشكل مخزوناً مائياً للتربة فى حال ذوبانه. إلا أن الأمر المهم هو معادلته للماء، وهذا يعتمد على عمق الثلج وكثافته، وكثافة الثلج تختلف من حالة إلى أخرى اختلافاً كبيراً، وتتراوح عموماً بين ٠,٠٠٤ إلى ٠,٩١، ولذا فإن سمك ١٠ سنتيمتراً من الثلج القديم قد تعادل ما يقترب من ٧ سنتيمتراً من الماء، بينما إذا كانت تلك الكمية من الثلج حديثة السقوط فإنها لا تكافئ أكثر من سنتيمتر واحد من الماء وهو المكافئ العادى. وإذا كان خط الثلج الدائم يقع على ارتفاع ٤٧٠٠ متر عند خط الاستواء، فإنه يكون على ارتفاع ٥٢٠٠ متر فى المناطق المدارية الجافة، لكنه ينخفض إلى ٣٠٠٠ متر عند دائرة عرض ٤٥ شمالاً، وإلى ١٤٠٠ متر عند عرض ٦٠ درجة شمالاً، وفى نصف الأرض الجنوبى فإن تلك القيم تكون أقل.

- **البرد** : يعد البرد من أخطر الظواهر الجوية المصاحبة للعواصف الرعدية، ويدل سقوطه على وجود حركة رفع قوية للهواء مكنت من نشأة سحب. ويتراوح قطر حبة البرد

ا لساقطة بين ٥ – ٥٠ ملليمتر وأحياناً قد يزيد عن ذلك. ولسقوط البرد أخطار كبيرة ليس على الحاصلات الزراعية التى تكون فى مراحل نموها الأولى، وإنما على الحاصلات التى تكون فى مرحلة النضج، وعلى الأشجار، والحيوانات، وحتى على الإنسان ذاته فيما إذا كان فى العراء وكانت حبات البرد كبيرة الحجم.

٥ - الرطوبة الجوية

الرطوبة الجوية هى كمية بخار الماء فى الهواء والتى لها أهمية كبيرة بالنسبة لكافة الظاهرات المائية. وتزداد قدرة الهواء على حمولته من بخار الماء بازدياد درجة حرارته. ومصدر بخار الماء الجوى يتمثل فى المسطحات المائية، والنباتات، وسطح الأرض الرطب، حيث تتبخر المياه من تلك الأجسام وينتقل البخار إلى الجو.

ويعبر عن الرطوبة الجوية بعدة اصطلاحات هى:

١ - **ضغط بخار الماء**؛ ويعبر عن قوة الضغط التى يمارسها بخار الماء الموجود فى الجو على وحدة المساحة، ويصل ضغط بخار الماء أقصاه عندما يكون الهواء مشبعاً ببخار الماء (ضغط بخار الماء المشبع).

٢ - **نقص الإشباع**: وهو مقدار الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع وبين ضغط بخار الماء الموجود فعلاً فى الهواء.

٣ - **الرطوبة المطلقة**؛ وتشير إلى وزن بخار الماء الموجود فى وحدة حجم من الهواء، (جرام/سم٣) أو كيلوجرام / متر مربع.

٤ - **الرطوبة النوعية**؛ وتشير إلى وزن بخار الماء بالنسبة إلى وحدة وزن الهواء (جرام/كيلوجرام).

٥ - **الرطوبة النسبية**؛ هى النسبة بين كتلة بخار الماء الموجودة فعلاً فى حجم من الهواء إلى كتلة بخار الماء اللازمة لتشبع حجم الهواء هذا عند درجة الحرارة نفسها.

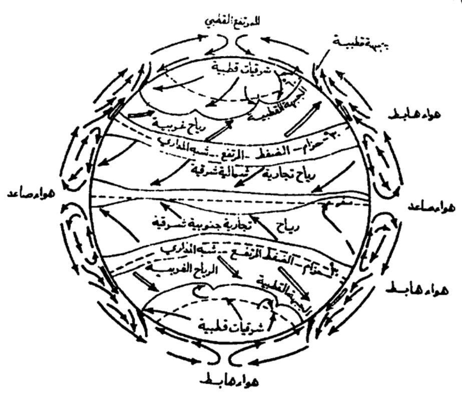
أو؛ الرطوبة النسبية = $\frac{\text{ضغط بخار الماء الفعلى}}{\text{ضغط بخار الماء المشبع}} \times ١٠٠$

٦ - **نقطة الندي**؛ هى درجة الحرارة التى يكون عندها الجو مشبعاً ببخار الماء، حيث يبدأ عندها حدوث تكاثف لبخار الماء.

٦ - حركة الهواء (الرياح)

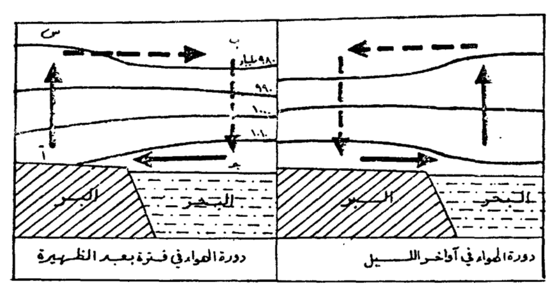
يعد تحرك جزئيات الهواء من منطقة إلى أخرى محصلة لاختلافات الضغط بين هذه المنطقة والمنطقة الأخرى. وترجع اختلافات الضغط الجوى فى الأساس إلى عملية التسخين المتباين، والتى ينجم عنها تحرك الهواء على مستوى محلى. أما حركة الهواء على مستوى نطاقى، فإن الأسباب الديناميكية تلعب دوراً فى نشأة الضغوط المرتفعة أو المنخفضة. ومن نماذج الضغوط الكبرى فى العالم؛ الضغط المنخفض الاستوائى (حرارى) والضغط المرتفع المدارى (دينا ميكى)، والضغط المنخفض دون القطبى (ديناميكى) والضغط المرتفع القطبى (حرارى). وينجم عن تباين الضغوط نوعان لحركة الهواء.

١ - **الحركة الأولى**، حركة عامة رئيسية (شكل رقم : ٥ - ٤). وتتمثل فى تلك الكتل الهوائية الضخمة المنطلقة من الضغط المرتفع المدارى تجاه خط الاستواء (رياح تجارية)، أو تجاه الضغط المنخفض دون القطبى (العكسيات الغربية)، أو تلك الكتل المنطلقة من الضغط المرتفع القطبى تجاه الضغط المنخفض دون القطبى (الشرقيات القطبية).



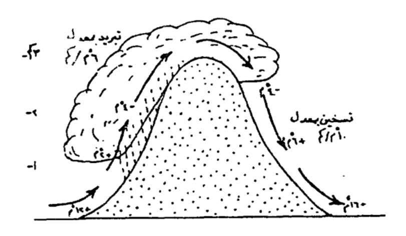
(شكل رقم : ٥ - ٤) الحركة الهوائية العامة

٢ - **أما الحركة الثانية**؛ فهى حركات هواء يومية أو محلية ناجمة عن تأثير العوامل الجغرافية المختلفة على درجة الحرارة وبالتالى الضغط الجوى، وتلعب كتل الماء المتداخلة فى اليابسة، ومظاهر سطح الأرض المختلفة دوراً فى ذلك. ومن أمثلة حركة الهواء اليومية؛ نسيم البر والبحر، والذى يمثل دورة يوميه للهواء ما بين البرا والبحر (شكل رقم : ٦ – ٤)، فحركة الهواء تكون أثناء النهار من البحر إلى البر (نسيم البحر) وفى الليل من البر تجاه البحر (نسيم البر)، وذلك لأن اليابس يكون مركزاً لضغط مرتفع فى الليل ومنخفض فى النهار، أما البحر فالحالة تكون فيه معكوسة.



(شكل رقم: ٦ - ٤) نسيم البر والبحر

أما **رياح الفوهن** – وهى من نوع الرياح المحلية – فتحدث تقريباً فى كل المناطق الجبلية على الجانب المعاكس لوجهة الرياح من السلسلة الجبلية. فعندما يعبر الهواء سلسلة جبلية فإنه يضطر إلى الصعود على الجانب المواجه له وبصعوده يبرد ويحدث التكاثف وبالتالى، فإن معدل إنخفاض الحرارة يكون قليلاً، وما أن يعبر الهواء قمم الجبال حتى يهبط على المنحدر الآخر وتزداد حرارته بالانضغاط، كما وتنخفض رطوبته، ولذا يكون عند مقدمة الجانب المعاكس هواءاً حاراً وجافاً (شكل رقم : ٧ – ٤)، ولقد سجل ارتفاع فى درجة الحرارة حوالى ٢٧°مئوية خلال دقيقتين فى سبرفيش Spearfish فى داكوتا الجنوبية بالولايات المتحدة.



(شكل رقم: ٦ - ٤) رياح الفوهن

أما رياح الجاذبية Gravity wind فتحدث بسبب برودة السطح فى ساعات الليل مسبباً فروقات فى كثافة الهواء على طول المنحدر، حيث يأخذ الهواء الأكثر برودة عند القمة والمنحدرات العليا بالانحدار تجاه الوديان والمنخفضات تحت تأثير، مما ينجم عن ذلك تراكم الهواء البارد عند المنخفضات، ويعرف هذا بنسيم الجبل (شكل رقم: ٨ – ٤).

(شكل رقم: ٨ - ٤) رياح الجاذبية

الفصل الخامس

المناخ ومكونات الوسط البيئي الطبيعي

المناخ ومكونات الوسط البيئي الطبيعي

مقدمة

يتكون الوسط البيئى الطبيعى من ثلاثة عناصر أساسية هى المياه والتربة والنبات الطبيعى. ومن الأرجح القول أن تباين هذه العناصر الثلاثة على سطح الأرض يرجع أساساً إلى اختلاف الظروف المناخية. ويهتم هذا الفصل بمعالجة دور المناخ فى تشكيل الماء الأرضى الذى هو الشكل المرئى والمحسوس على سطح الأرض للماء الجوى، كما أن الماء الأرضى هو مصدر الماء الجو ولذا فإن الصلة بينهما صلة وثيقه لا يمكن فصلها. كما أن المناخ يلعب دوراً هاماً فى بناء التربة إلاّ أنه يعد أيضاً عامل هدم وتخريب للتربة عن طريق جرفها وتعريتها وتحدبد حجم المادة المنجرفة، ويبرز ذلك عندما يتم القضاء على الغطاء النباتى الطبيعى تماماً. ولا يتوقف دور المناخ عند هذا الحد بل يتجاوزه فى تأثيره على تحديد نموذج النبات الذى ينمو فى منطقة معينة دون سواها. ومن هنا فإن هذا الفصل يركز على توضيح العلاقة القائمة بين المناخ والمياه والتربة والنبات. كل على حدة.

أولاً: المناخ والمياه

مما لا شك فيه أن المياه من أهم مكونات الوسط البيئى الطبيعى، ما كان منها ظاهراً فوق سطح الأرض أو مستترا تحته. فبالإضافة إلى أهميتها فى تشكيل مظاهر السطح فأن الإرتباط بين وجود حياة نباتية طبيعية وبين الماء ارتباطاً وثيقاً جداً، حيث لا حياة نباتية دون مياه. والإنسان ليس أقل من النبات فى احتياجه للماء، فهى أيضا عماد وجوده، فالإنسان قد يستطيع العيش أياماً عديدة دون طعام ولكنه يتعذر عليه العيش بضعة أيام دون ماء. وتؤثر المياه بشكل غير مباشر على الإنسان لأنها الاساس لوجود بقية الكائنات الحية، نباتية وحيوانية، والتى هى عماد غذائة.

واذا كان علم الهيدرولوجيا يركز على دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء، فأنه يهتم أيضاً بمعالجة أشكال المياه الموجودة فوق السطح وتحته، وحركات هذه المياه، والتغيرات التى تطرأ على هذه الحركات وما ينجم عنها من آثار. ولذا كان الجانب التطبيقى لعلم الهيدرولوجيا يتمثل فى عملية ضبط الفيضانات، وتخزين المياه.

والرى. واستغلال الطاقة الكهربائية، وحيث أن علم الهيدرولوجيا يتطور كعلم مستقل، فأن أرتباطه بعلم المناخ أرتباطاً غير قابل للانفصال.

- مصدر المياه السطحية والجوفية

يعد التساقط بكافة أشكاله المصدر الرئيسي لمختلف الأشكال المائية على سطح الارض وتحته. وماء سطح اليابسة هو محصلة للمياه الواردة من السماء عن طريق التساقط والمياه المفقودة من الأرض والمتمثلة فى الكميات المتبخرة من سطح التربة والنبات وتلك التى تجرى باتجاه البحار والبحيرات والمحيطات عبر المجارى النهرية، وما يتسرب ضمن فراغات التربة إلى الأعماق.

ويمكن أن يتم التساقط بالأشكال التالية:

١- **الضباب**: وهو عبارة عن سحب مستوى قاعدتها عند سطح الأرض، وتتركب من تجمع مرئى لقطرات دقيقة من الماء العالق فى الجو.

٢- **الضباب الدخاني Smog**: وهو عبارة عن ضباب ملئ بالملوثات الصناعية.

٣- **الرذاذ**: وهو عبارة عن تساقط مائى بشكل قطرات دقيقة وقريبة جدا من بعضها. والمتعارف عليه أن التساقط بشكل رذاذ يتم عندما يكون قطر القطيرات أقل من ٠.٥ ميلليمتر، وتكون كمية الماء التى يعطيها الرذاذ وافرة فى بعض الأحيان حيث تصل إلى ١ ميلليمتر لكل ساعة.

٤- **المطر**: تساقط سائل على شكل قطرات من الماء قطرها أكبر من قطر قطرات الرذاذ (أكبر من ٠.٥ ميلليمتر).

٥- **الندي**: عبارة عن تكاثف لجزئيات الماء على الأجسام الموجودة عند سطح الأرض أو بالقرب منه.

٦- **المطر شبه المتجمد Sleet**: وهو عبارة عن تساقط خليط من المطر والثلج وأحياناً يدخل فيه شظايا جليد.

٧- **حبات الجليد**: وهو تساقط بشكل كرات صغيرة شفافة من الجليد. قطرها أقل من ٥مم. وتأخذ شكلاً كرويا أو غير منتظماً.

٨- **البرد**: عبارة عن حبات من الجليد. يتراوح قطرها بين ٥ - ٥٠ مم. ويصل أحياناً إلى أكثر من ذلك.، وتنتج من السحب التى تعرف باسم سحب الركام المزنى.

٩- **الثلج:** عبارة عن بلورات بيضاء شفافة من الجليد، عادة ما تتخذ شكلاً نجميا. وأحياناً تذوب بعض بلورات الثلج قبل وصولها الى سطح الأرض. بحيث يأخذ التساقط شكل مزيج من الثلج والمطر (Sleet).

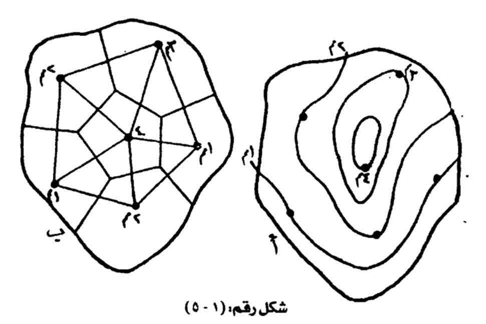
١٠- **الفيرجا Virga**؛ قطرات من الماء أو قطع من الجليد تساقطت من السحابة ولكنها تبخرت قبل أن تتمكن من الوصول الى سطح الأرض.

ويعد التساقط المطرى أهم أشكال التساقط على سطح الأرض، ذلك أن معظم مناطق الأرض يكون فيها التساقط مطرياً، باستثناء العروض العليا حيث يغلب عليها التساقط الثلجى. وسواء كان التساقط مطريا أوثلجيا، فان الأهمية الهيدرولوجية لكل منهما تتمثل فى دوره فى تغذية المياه السطحية والجوفية. فاذا كانت الثلوج فو ق سطح الأرض تتساهم فى تغذية المياه الجوفية حيث تتيح الفرصة للتسرب البطئ عبر فراغات التربة، إلا أن دورها أيضا فى الجريان السطحى كبير جداً، إذ ما أن ترتفع درجة الحرارة ويبدأ الثلج المتراكم بالذوبان حتى تبدأ مواسم بداية فيضانات تلك الأنهار، وأكثر الأنهار الواقعة فى العروض العليا تتلقى معظم تغذيتها المائية من ذوبان الثلوج. وتحدد أشكال التساقط السائل المختلفة كمية المتسرب والجارى على السطح، فالتساقط على شكل رذاذ معظمه يتسرب عبر السطح أو يتبخر الى الجو، فى حين أنه كلما اشتدت غزارة التساقط وكبرت حجم قطراته كلما كان أكثر فاعلية فى الجريان السطحى. ولذا فأنه كلما انحصرت الكمية المطرية الكبرى فى فترة قصيرة كلما كانت أكثر أهمية بالنسبة لعلماء المياه. وما يسقط فى فترة ٢٤ ساعة أو دون ذلك ذو أهمية أكثر من تلك الكمية التى تسقط فى شهر أو فى سنة، غير أن الأهمية الدائمة لا تتحدد بالفترات القصيرة، لأن الجزء المتسرب ضمن فراغات التربة له الدور الأكبر فى تغذية المياه السطحية. رغم الارتباط بين الماء تحت السطحى والظروف المناخية من تساقط وحرارة.

والتساقط الذى يصل سطح الأرض يقاس كعمق معين من الماء. بواسطة مقياس المطر، ويوصف التساقط أحياناً على أنه خفيف أو متوسط أو شديد. وفى هذا إشارة إلى عدد وحجم قطرات الماء التى تسقط على سطح الأرض فى فترة زمنية معينة، وقد يكون التساقط مستمراً لفترة قد تزيد عن ٢٤ ساعة وقد يكون متقطعا. وفى المناطق التى لا تتوفر فيها شبكة كثيفة من المحطات المطرية إلا أن التساقط فوقها يتصف بتجانسه، لذا فأنه من الممكن معرفة الحالة المطرية لكافة أجزاء هذه المنطقة من

خلال القياسات التى تعطيها أجهزة المطر فى أماكن تواجدها، وبهذا يمكن أدراك العلاقة القائمة بين الجريان السطحي للمياه وقيم التساقط. أما فى المناطق التى تتصف أمطارها بخلل فى توزيعها لاسباب جغرافية، فأنه من الضرورى عندئذ توفر شبكة كثيفة من محطات الرصد المطرى حتى يمكن معرفة كمية التساقط الحقيقية فى مجمل أجزاء المنطقة. إلا أنه لسوء الحظ فإن معظم مناطق العالم لا تتوفر فيها شبكات كثيفة من المحطات، وبالتالى فأن علي علماء الماء أن يعتمدوا على التقديرات انطلاقاً من أحدى الطريقتين التاليتين؛

١ - طريقة خطوط المطر المتساوية؛ حيث تحسب كمية المطر فى المساحة المحصورة بين خطى مطر - شكل (١ ،أ، -٥) - ومن جمع الكميات الساقطة جميع المساحات المحصورة بين الخطوط المطرية المستاوية، وقسمة ذلك المجموع على مجموع المساحة يتم الحصول على معدل كمية التساقط فى وحدة المساحة.



شكل رقم: (١ - ٥)

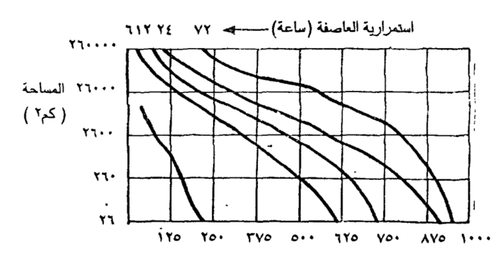
أ - طريقة خطوط المطر المتساوية. ب - طريقة ليسن.

طريقة خطوط المطر المتساوية. وثيسن لحساب كميات المطر الهاطلة في منطقة ما

٢ - باستخدام طريقة ثيسن Thiessen؛ والمعتمدة على الأشكال الهندسية المختلفة، حيث ترسم عدة أشكال هندسية للمنطقة موضع الدراسة، بحيث يكون فى وسط كل شكل مقياس مطر (شكل رقم: ١،ب، -٥)، وبحساب مساحة كل الأشكال الهندسية ومعرفة نسبتها المئوية من المساحة العامة للمنطقة، يمكن عندها حساب المعدل العام للتساقط، وذلك بجمع كميات الأمطار المعدلة وفقاً لنسب المساحة

(بضرب كمية المطر للمقياس فى النسبة المئوية للمساحة التى يمثلها المقياس يتم الحصول على الكمية المعدلة لهذه المساحة، وهكذا يتم الحصول على الكميات الأخرى للمساحات الأخرى، ومجموع الكميات تمثل معدل الأمطار العام للمنطقة).

وتعد غزارة الأمطار أو شدتها ذات أهمية بالنسبة لعلماء الماء، كما ذكرنا سلفاً، لتأثيرها على الجريان السطحى من جهة، ولاهميتها فى دراسة الموازنة المائية فى منطقة ما من جهة أخرى. وشدة الأمطار هى المقياس لكمية التساقط فى فترة زمنية معينة قد تكون ساعة. ومن المهم دراسة احتمالات تكرار حدوث كميات مطر معينة ودوامها، وما يمكن أن ينجم عن ذلك. ومن الممكن تمثيل المعلومات الخاصة بشدة المطر اثناء العواصف المطرية فى شكل بيانى تتضح فيه الكميات الساقطة فى فترات زمنية معينة والامتداد المساحى للعاصفة المطرية (شكل رقم: ٢-٥).



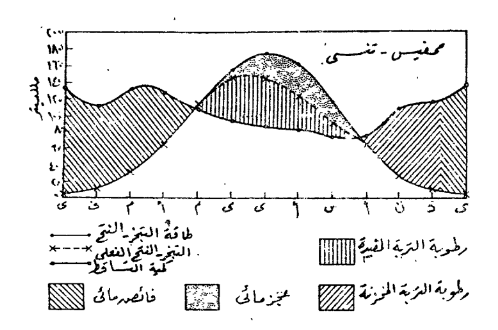
شكل رقم: (٢ - ٥)

الامتداد المساحي لعاصفة مطرية في الولايات المتحدة.

- طرق فقدان الماء علي سطح الأرض

تتعرض كمية المياه الساقطة بالأشكال التى ذكرناها سلفاً لعمليات عدة تحدد نسبة الاستفادة منها فى المجال الزراعى. فجزء من المياه الساقطة يعود للجو مرة ثانية بالتبخر من التربة والنتح من النبات، وجزء آخر يتسرب ضمن فراغات التربة السطحية ليشكل مخزوناً مؤقتا ضمن التربة السطحية، أو يتسرب الى الأسفل منجذباً بتأثير الجاذبية الأرضية ليشكل مخزون الماء الجوفى، أما الجزء المتبقى فهو الذى يجرى فوق السطح على شكل مجار مائية (أنهار) تذهب بالمياه الى المحيطات والبحار أو تتجمع فى الحفر والبحيرات الداخلية.

(١) التبخر: كنا ذكرنا سلفا بأن الطاقة الشمسية الواصلة الى سطح الأرض تقوم بتبخير جزء من ماء التربة والنبات، والمسطحات المائية، ذلك الماء المتبخر ينطلق بحالته الغازية نحو الجو ليشكل ما يعرف بالرطوبة الجوية مصدر التساقط. وتعتمد كمية المياه المتبخرة من الأجسام المختلفة على فارق ضغط الماء فوق هذا الجسم والهواء، كما وتتعلق بسرعة الرياح. ففي العروض الوسطى المرتفعة فأن ضغط البخار يختلف بشكل كبير من فصل الى آخر، فعند بحيرة ميتشجان حيث درجة الحرارة تتراوح بين الصفر إلى ٢٣ درجة مئوية، فان ضغط البخار فوق الماء يتراوح بين ٦-٢٨ ملليبار، واذا ما كان ضغط بخار الماء فى الهواء يتراوح بين ٣ - ١٥ ملليبار فمعنى ذلك أن فارق شغط بخار الماء بين الماء والهواء يتراوح بين ٣ - ١٣ ملليبار، وعليه فأن التبخر يكون انشط فى الفصل الأكثر تفاوتا فى قيمة ضغط البخار بين الهواء والسطح. اذ أنه كلما كان ضغط بخار الماء فى الهواء أقل من ضغط بخار الماء فوق سطح الماء فأن التبخر يحدث، إلى أن يتساوى الضغطان مع بعضهما فعندها يتوقف التبخر حيث يصبح الهواء مشبعاً ببخار الماء. وعندما تتجمد مياه البحار والأنهار فأن التبخر سوف يتوقف تقريباً. كما أن النتح من النبات يختلف من فصل إلى آخر، فهو يتوقف فى فترة ركود النبات الشتوية، لكن كمية النتح تقترب من معدل التبخر من الماء فى الصيف. ولقد عرف تورنثويت Thornthwaite الطاقة القصوى للنتح من النباتات والتبخر من الأجسام المائية والتربة باسم طاقة التبخر/ النتح Potential Evapotranspiration وهذا اصطلاح يشير الى الكمية القصوى من الماء الممكن أن تتبخر من التربة وتنتح من النبات فيما لو وجد غطاء نباتى أخضر ومورد ماء دائم يمد التربة باستمرار، وهذا المقدار الافتراضى لما يفقد من التربة والنبات هو فى الواقع مقدار الماء اللازم لمنطقة ما حتى لا يكون المناخ فيها جافاً. ومن الواجب التمييز ما بين التبخر/ النتح الفعلى Actual Evapotranspiration وطاقة التبخر /النتح، حيث أن التبخر/ النتح الفعلى قيمة حقيقية تتم فى الظروف العادية لمنطقة ما ويمكن قياسها، بينما طاقة التبخر /النتح قيمة نظرية ومثالية - فمثلاً يكون التبخر/ النتح الفعلى قليلا جداً فى منطقة صحراوية حارة، غير أن طاقة التبخر/ النتح تكون كبيرة جداً لأنها تقدر على أساس وجود فائضاً مائياً فى هذه المنطقة -. ويمكن أن يتحدد الفائض المائى والعجز المائى من مقارنة كمية الأمطار الساقطة مع طاقة التبخر/ النتح والتبخر/ النتح الفعلى. فاذا كانت كمية الأمطار أكبر من طاقة التبخر /النتح فان هناك فائضاً مائياً وجريانا سطحياً. بينما اذا كانت طاقة التبخر/ النتح أكبر من كمية التبخر/ النتح الفعلية فعندئذ يكون هناك عجز مائى (شكل رقم: ٣-٥).



شكل رقم: (٢ - ٥)

الموازنة المائية في احدي المناطق حسب علاقة ثورنثويت

(٢) **الجريان السطحي والجوفي:** لا تتعدى كمية المياه المتمثلة فوق سطح اليابسة بحالتها السائلة عن ٢,٥ ٪ من ماء كوكب الأرض. وهذا الماء يوجد فوق السطح متخذا شكل أنهار وبحيرات، أو تحت السطح مشكلا ماء التربة والماء الجوفى. وتعادل مياه الأنهار قرابة ١,٧ × ٣١٠ كم٢ (٠,٠٠٠١ من ماء كوكب الأرض). وتعتمد كمية المياه السطحية المتدفقة عبر المجارى المائية على كمية التساقط فى قطاعات المجرى المختلفة، وعلى نفاذية التربة.

معدل الماء الجارى فوق السطح = معدل التساقط - معدل التسرب.

فإذا كان معدل التسرب ثابتاً وهو بحدود ١ سم/ساعة، ومعدل الأمطار الساقطة ٢ سم/ساعة، فأن معدل الجريان السطحى الناتج يعادل ١ سم/ساعة، مستثنى من ذلك كمية الضياع بالتبخر.

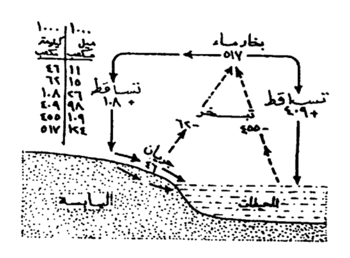
وبصورة عامة كلما ازدادت غزارة الأمطار كلما ازدادت نسبة الماء الجارى وقلت نسبة المتسرب. وتظهر أهمية المناخ فى الجريان المائى من أن التغذية المائية للأنهار تستمد بشكل مباشر أو غير مباشر من التساقط، فالمخزون المائى تحت السطح يشكل

مصدراً رئيسياً من مصادر التغذية الذى تظهر أهميته فى الفترات الجافة، حيث تتلقى الأنهار الدائمة الجريان تغذيتها من ذاك المخزون والذى يتأثر بلا شك بالتساقط وتظهر أهمية التساقط مباشرة من تغير مناسيب الانهار ما بين فترات المطر والجفاف، إلا أن الانهار التى تتلقى تغذيتها من الثلوج الذاتية تكثر كميات المياه فيها عقب فترة التساقط حيث ترتفع الحرارة ويبدأ ذوبان الثلوج. وتتأثر كمية المياه المنصرفة فى النهر بدرجات حرارة المناطق التى يعبرها خاصة اذا كانت تلك المناطق جافة.

ويشكل المتسرب من المياه الى ما تحت السطح ما يعرف باسم الماء الجوفى - بما فى ذلك ماء التربة باعتباره ماءا تحت سطحى رغم ارتباطه المباشر بالمناخ - ويكون جزء من هذا الماء خاضعاً مباشرة للتأثيرات المناخية، وجزء آخر يكون تأثره غير مباشر وهو ما يقع تحت مستوى الماء الجوفى Wagter table، وهذا الماء يمكن أن يظهر جزء منه على شكل ينابيع تغذى الأنهار، غير أنه يستمثر بشكل مباشر من قبل الانسان بواسطة الآبار التى يحفرها، وهذا هو المخزون الحقيقى للمياه الأرضية. ولا تشغل المياه الجوفية أكثر من ٧١٥٠ x ٣١٠ كيلو متر مربع من الماء، وهذا ما يعادل ٠,٥١٦٨٪ من مجمل ماء الأرض (على موسى، ١٩٨٢)

الدورة المائية (الهيدرولوجية)

ان الدورة المائية العامة تعطى صورة مصغرة لما يجرى فى الطبيعة من انتقال للماء من الأرض الى الجو والعكس. والشكل التالى (شكل رقم: ٥-٥) يمثل دورة الماء فى الطبيعة.



شكل رقم: (٥ - ٥) الدورة المائية العامة

ويكون التساقط بشكل غير متساوى بين اليابسة والمحيطات. فاليابسة تتلقى سنوياً قرابة ١٠٨ ألف كم٣، بينما تتلقى المحيطات حوالى ٤٠٩ ألف كم٣. ويمكن ذكر أن كمية مقدارها ٤٦ ألف كم٣ مما يتلقاه سطح اليابسة تفقد بواسطة التبخر. وهكذا يوجد فائض مائى، إما أن يجرى فوق السطح أو بتسرب عبر فراغات السطح ليشكل الماء الجوفى. وتحدد الموازنة المائية لأى منطقة بالعلاقة التالية:

$$P = E + G + R$$

حيث

P = التساقط.

E = التبخر.

G = المتسرب ضمن التربة نحو الاعماق.

R = الجريان السطحى.

ويمكن أن يهمل العنصر G لأن كميات المياه المخزونة فى الجو أو فى اليابسة والمحيطات تبقى ثابتة نسبياً من سنة إلى أخرى.

ومن ثم فان العلاقة تبسط الى الشكل التالى:

$$P = E + R$$

وباستعمال هذه العلاقة بالنسبة لليابسة نجد أن:

٤٦٠٠٠ + ٦٢٠٠٠ = ١٠٨٠٠٠

أما بالنسبة للمحيطات؛

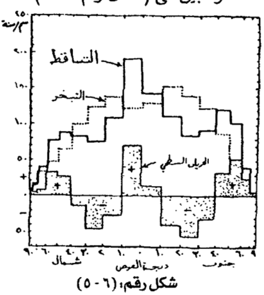
٤٦٠٠٠ - ٤٥٥٠٠٠ = ٤٠٩٠٠٠

وبالنسبة لكامل كوكب الأرض:

٤٥٥٠٠٠ + ٦٢٠٠٠ = ٤٠٩٠٠٠ + ١٠٨٠٠٠

ومن خلال حسابات مكتب الطقس فى الولايات المتحدة لفترات طويلة، وجد أن معدل كمية المطر السنوية الساقطة فوق يابس الولايات المتحدة يقارب ٦٥ سم بجانب قرابة ١٠ سم من الثلج سنوياً. ومن هذه الكمية (٧٥ سم) فأن ٥٤ سم تفقد عن طريق التبخر والنتح، بينما الـ ٢١ سم الباقية تفقد عن طريق الجريان السطحى والتسرب. وفى أية فترة زمنية فأن الجو يكون محتويا على قرابة ٢,٥ سم من الماء القابل للتساقط، وبهذه الصورة تتم الدورة المائية فى الولايات المتحدة. ومن حسابات

الموازنة المائية لاجزاء الأرض المختلفة يتضح أن المناطق التى فيها فائض مائى هى المحصورة بين دائرتى عرض ١٠ شمالا وجنوباً، وخارج دائرتى عرض ٤٠ شمالا وجنوباً تجاه القطبين، كما هو مبين فى (الشكل رقم: ٦-٥).



شكل رقم: (٦ - ٥)

الموازنة المائية لأجزاء كوكب الأرض المختلفة

- **علم المياه الهندسي (الهيدرولوجيا الهندسية)**

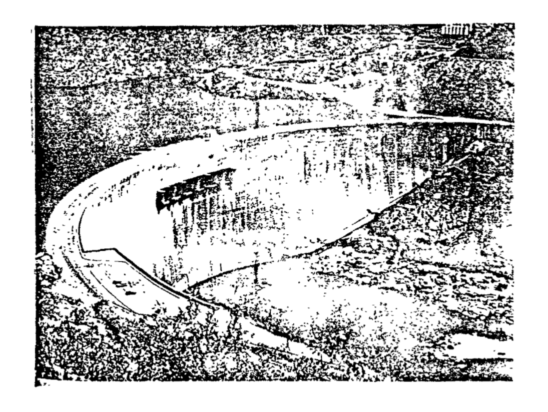
تتمثل الجوانب التطبيقية لعلم المياه فى السيطرة على المياه واستغلالها لخدمة المجتمع وتنمية البيئة وذلك انطلاقا من الظروف المناخية السائدة.

وهناك ثلاثة مجالات أساسية فى ذلك وتتمثل فى:

١- **ضبط فيضانات الأنهار:** تحدث فيضانات الانهار عندما تتدفق نحو مجاريها كميات غزيرة من الماء الساقط عقب عاصفة مطرية شديدة، أو عقب موجة حارة تذيب كميات كبيرة من الثلوج. وينجم عن تلك الفيضانات أضرار بالغة، والجدول التالى يبين أهم الفيضانات التى حدثت ببعض الانهار وتواريخها والاضرار التى نجمت عنها.

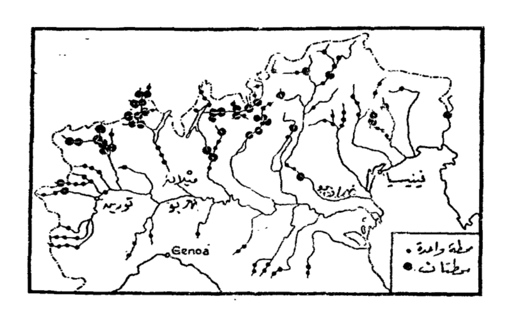
ولذا فأن الحاجة ماسة للحد من الاضرار التى تنجم عن الفيضانات، ويمكن أن يتم ذلك عن طريق انشاء خزانات مائية كبيرة على الانهار كما فى خزان السد العالى (بحيرة ناصر) فى مصر، وخزان سد كاريبا على نهر الزمبيزى (شكل رقم: ٧-٥) وخزان كورافيل على نهر ايوا (الولايات المتحدة)، وكما هى الحال فى الخزانات المقامة على، ونهر الفولجا فى روسيا. ويتطلب اقامة مثل تلك الخزانات التى تشاهد فى معظم أنهار العالم دراسات مائية عدة، اذ يجب معرفة كمية الأمطار الساقطة سنويا

وفصليتها، وكمية المتصرف منها فى أوقات الفيضانات وحمولتها من المواد الصخرية المتفتتة والآثار التى تتولد عن تلك الحمولة المترسبة أمام السد.



(شكل رقم: ٧ - ٥) خزان سد كاريبا علي نهر الزمبيزي بافريقيا

٢ - **تخزين المياه السطحية:** لا يقتصر التخزين على مياه الأنهار الكبرى، التى تكون الغاية منها تنظيم جريان النهر للحد من مخاطر الفيضانات من جهة ومن جهة أخرى للاستفادة من الماء فى فترات الجفاف، بل يتعدى الأمر ذلك الى إقامة العديد من الخزانات التجميعية على أودية تجميع المياه الساقطة فى فصل المطر. للاستفادة من تلك المياه المتجمعة فى مجال الزراعة وتربية الحيوان. وإقامة السدود السطحية تستدعى دراسات عدة منها: سعة حوض التصريف، وكمية المياه الساقطة فى فصل الأمطار، وطبيعة الأرض، ونسبة المياه الجارية فوق السطح.



(شكل رقم: ٨ -٥) محطات القوي الكهربائية - الهيدروجية
في المنابع العليا للأنهار في شمالي ايطاليا

٤- **المياه وسيلة نقل:** أن صلاحية المجارى المائية للملاحة تحددها الظروف المناخية من جهة والعقبات التى تعترض المجرى النهرى من جهة أخرى. فحيثما تكثر أماكن المساقط المائية والشلالات تقل صلاحية المجرى للملاحة، كما أن كمية المياه المنصرفة وعمق المياه له الدور الأكبر فى الملاحة، بجانب كون انخفاض درجة الحرارة الى دون مستوى التجمد بحيث تتجمد مياه الأنهار والبحيرات وحتى البحار يوقف أعمال الملاحة.

ثانياً: المناخ والتربة

التربة هى ذاك الجزء من سطح الأرض المكون من خليط من مواد صخرية متفتتة ومواد عضوية تمتد فيها جذور النبات مستمدة منها ماءها وغذاءها. وعلى الرغم من أن التربة تقتصر على الجزء السطحى المتفتت فقط، إلا أنها تعد أهم شئ بالنسبة للانسان، فهى الوعاء الذى يحتوى على نباتات الأرض، تلك النباتات التى تشكل مصدر الغذاء الرئيسي للحيوان والانسان.

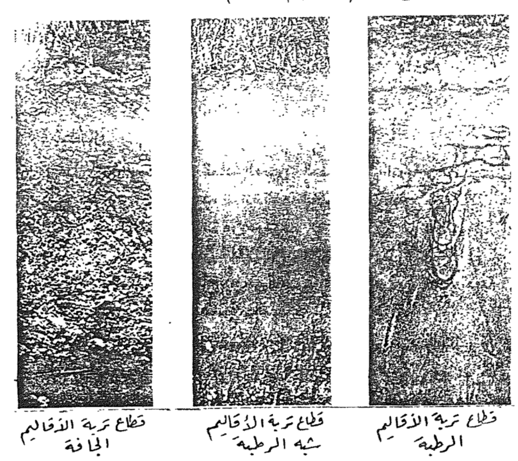
والتربة هى محصلة تفاعل مجموعة من العناصر مع بعضها، وهذه العناصر هى: المادة الأصلية أو صخر الأساس، المناخ، والتضاريس، والحياة النباتية والحيوانية، والزمن، ومن العناصر الخمسة المذكورة، فأن ثلاثة منها تكون مرتبطة بشكل أو بآخر



(شكل رقم: ٩-٥) توليد الطاقة الكهربائية من الجريان المائي للأنهار

بالمناخ. فالتضاريس على الرغم من أنها تؤثر على المناخ، إلا أنها تتأثر تأثراً كبيراً بالمناخ، بل نجد أن التربة تختلف من جزء إلى آخر من سطح الأرض المتفاوت فى شكله. والحياة النباتية والحيوانية ما هى إلا إنعكاس غير مباشر للمناخ الذى يحدد نموذج النبات أو الحيوان الموجود فى هذه المنطقة أو تلك. وأهمية عنصر الزمن تتضح فى ازدياد عملية تفتت الصخور بازدياد تعرضها لعوامل التجوية المتمثلة فى عنصرى المناخ من حرارة وأمطار.

ويفوق أثر المناخ فى تكوين التربة أثر المادة الصخرية الأصلية، وهذا ما يستدل عليه من اختلاف التربة بين منطقتين ذات تركيب صخرى واحد مع اختلاف الظروف المناخية بينهما، والتشابه بين تربة منطقة مناخية واحدة رغم اختلاف التركيب الصخرى لهو أيضاً ذو دلالة على دور المناخ البارز. فكلما ازدادت درجة الحرارة وارتفعت كمية الرطوبة ازداد تفتت التربة طبيعياً وتحللها كيميائياً، وينشط التفتت الطبيعى بازدياد الفروق الحرارية. وكلما ازدادت كمية الأمطار كلما نشطت عملية الغسل السطحى للتربة (شكل رقم ١٠ – ٥).



شكل رقم: (١٠-٥): آثر المناخ علي تكوين قطاعات التربة

وتتألف التربة من آفاق مختلفة أو طبقات، وهى الآتية ابتداء من السطح :

الأفق A – السطح العلوى من التربة Topsoil، وهو الجزء العلوى المتماس مع الغلاف الجوى، ويحتوى على المواد العضوية المتحللة أو التى تكون قيد التحلل، كما وتكون نسبة الغسل والانجراف فيه على أشدها.

الأفق B – ما تحت التربة Supsoil؛ ويحدث فيها تراكم المواد العضوية والصلصال، وتكون ذات لون قاتم.

الأفق C – الصخر الأساسى المتفتت بالتجوية.

الأفق D – الصخر الأصلى؛ وهو الذى تتركز فوقه الطبقات السابق ذكرها.

ويشار الى تلك الآفاق أحيانا بالطبقات. إلا أنه ليس ضرورياً أن توجد كل تلك الآفاق أو الطبقات فى أى تربة كانت. كما أن تحديد تلك الآفاق فى بعض الترابات لا يخلو من بعض الصعاب.

وتجدر الإشارة هنا إلى بعض المصطلحات المستخدمة فى دراسة التربة؛ فالصلصال Clay يتركب من جزئيات قطرها أقل من ٠,٠٠٥ مم، والسلت Silt أو الغرين هو ما كانت أقطار جزئياته بين ٠,٠٠٥ – ٠,٠٥ مم، ويصل قطر جزئيات الرمل والحصى إلى ٢مم. وباستخدام تلك المتغيرات الثلاث يمكن اشتقاق الكثير من نسيج أو قوام التربة Soil texture المتنوعة، فاللوم (الغرين) يتكون من ٥٠٪ رمل و ٥٠٪ صلصال.

ويمثل الدبال (Humus) المادة العضوية المتحللة فى التربة والتى تضفى عليها مزيداً من الخصوبة، وتقوم هذه المادة البنية الغروية بالمساعدة فى تشكيل المحاليل التى تمكن النبات من الاستفادة من مواد محددة منها. وترتبط عمليتى الغسل (نقل المركبات المعدنية أو العضوية بالاذابة) والانجراف (نقل المواد الغروية الصلبة الصغيرة) ارتباطاً وثيقا بالمناخ، خاصة عنصر الأمطار، حيث تحدد كمية الأمطار الساقطة وشدتها نسبة المواد المغسولة والمنجرفة.

وإذا كان للمناخ تأثير على خصائص التربة، فأن دوره أساسيا يكون فى تكوينها ومعدل تكوينها. ويعكس المثال التالى أهمية المناخ؛ فاذا ما ازدادت رطوبة التربة حتى أصبحت ممتلئة بالماء، فأن الهواء ضمن فراغات التربة يقل كثيراً، ويصاحب ذلك تناقص فى عدد البكتريا، ويقل تحلل بقايا النباتات بحيث تصبح التربة ذات حامضية بسيطة. وتقاس قلوية أو حامضية التربة بقيمة pH (قياس كمية تمركز الهيدروجين فى التربة)، فالتربة المحايدة هى ما كانت قيمة pH فيها ٧,٠، أما التربة الحامضية فتتراوح فيها قيمة pH بين ٤,٥ – ٦,٩، وتكون التربة قلوية اذا كانت قيمة pH أكبر

من ٧. وتعد التربة التى تكون قيمة pH فيها بين ٦،٠ - ٦،٥ أفضل أنواع التربة لنمو المحاصيل، وهذا يعني أن التربة حامضية. واذا كانت الحموضة تخفض من عمل البكتريا الهام، فأن القلوية تعيق النباتات من استعمال العناصر النادرة المحدودة فى التربة.

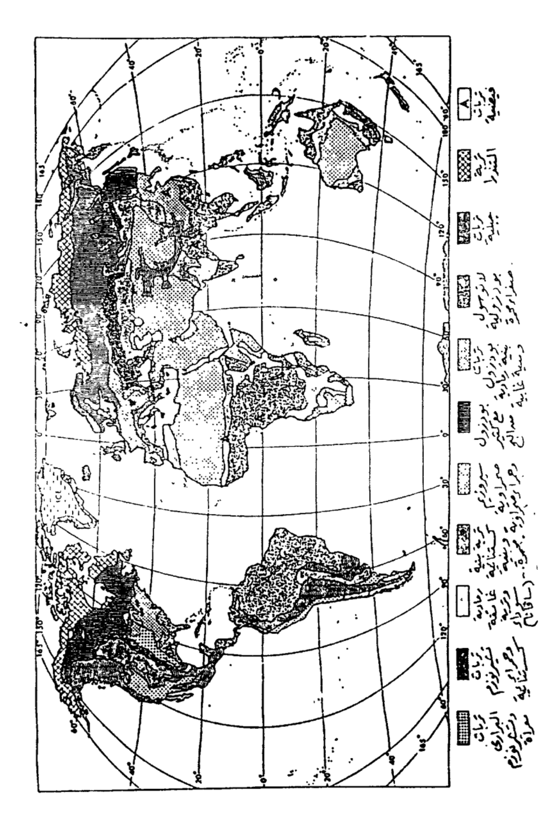
ويلعب انخفاض درجة الحرارة دون مستوى التجمد دوراً هاماً فى تحديد بنية التربة فى مناطق معينة، فاذا ما كانت التربة تتغذى باستمرار من خزان الماء الأرضى. واذا ما خضعت هذه التربة الى درجات حرارة دون مستوى التجمد فأن طبقات الجليد ستنمو باستمرار وسيرتفع (يتقبب) عندئذ سطح الأرض. وهذا الرفع الصقيعى Heave كما يعرف، يجب أن يؤخذ فى الحسبان. حيث تصل عملية الرفع أحياناً إلى ١٥ سم أو أكثر. وما أن ترتفع درجة الحرارة ويذوب الجليد حتى تأخذ المنطقة التى كانت خاضعة لانخفاض درجة الحرارة أو التجمد بالتحول الى منطقة مستنقعية. وفى بعض المناطق التى تخضع لدورة تجمد وذوبان تستغرق ٢٤ ساعة كما هى الحال فى الجبال المدارية فوق مستوى ٤٠٠٠ م عن سطح البحر، فإن هذه العملية ستقود الى جعل جزئيات التربة تتخذ أشكالاً متشابهة ذات أحجام منتظمة نسبياً (على موسى، ١٩٨٢).

- تصنيف التربة حسب درجة تأثرها بالمناخ

لقد وضع العديد من التصنيفات للتربة فى العالم اعتماداً على درجة فاعلية كل عنصر من العناصر المكونة للتربة ومدى أهميته، وكان للمناخ أساس فى ذلك نتيجة لما يلاحظ من علاقة ارتباطية بين التربة والمناخ ولما يمارسه المناخ من تأثير مباشر وغير مباشر على التربة. وبناء على هذا قسمت التربة إلى ثلاثة أقسام رئيسية هى:

١- التربة النطاقية Zonal Soils

تتميز التربة النطاقية بأن تأثير صخر الأساس فيها يكون محدوداً جداً، ذلك أن عمليات مثل الغسل والانجراف هى المحدد الرئيسى لخصائص تلك التربة، هذه العمليات مرتبطة ارتباطاً مباشراً بالمناخ (شكل رقم: ١١ - ٥). فالصخر الأساسى الغرينى فى المنطقة المدارية يعطى تربة مغايرة للتربة التى يعطيها الجرانيت فى المناخ البارد. فهذه التربة تحدد بفعل التأثيرات المناخية والحيوية، وتتوافق توزيعها مع الأقاليم المناخية الكبرى. ومما يميز هذه التربة أن تحديد آفاقها يمكن أن يتم بسهولة، حيث أنها قطعت شوطاً كبيراً فى مرحلة التطور.



(شكل رقم: ١١ -٥) توزيع التربة النطاقية في العالم

وقبل الاشارة الى أنواع التربة النطاقية – المتوافقة مع الأقاليم المناخية – لابد من تحديد بعض المصطلحات المستخدمة فى هذه الدراسة، ومنها:

- **اللترتة Laterization**؛ حيث الغسل السريع للسيليكا بفعل التساقط الغزير والحرارة المرتفعة.
- **البدزلة Podzolization**؛ وتتم هذه العملية فى حال غسل الحديد والسيليكا من الأفق العلوى (A).
- **البدزول Podzol**؛ تربة ذات حامضية مرتفعة مع طبقة سطحية غنية بالمواد النباتية.
- **التربة البدزولية**؛ ترب حامضية، إلا أن حامضيتها ليست مرتفعة جداً، وتتسم بأن المادة العضوية بها قليلة نسبيا عند السطح.
- **التشرنوزم**؛ تربة تتميز بأن الأفق A فيها غنيا بالمادة العضوية، غير أن نسبة الجير فيها منخفضة. وهى تربة خصبة جداً.
- **تربة البراري**؛ تتميز بوفرة المواد العضوية المتحللة فى الآفق A، وعمليتى الغسل والانجراف فيها محدودة جداً بسبب قلة الأمطار، وهى تربة خصبة.
- **التربة الكستنائية** والبنية؛ وتتميز بكون المادة العضوية فيها أقل من تربة البرارى كما أن تجمع الجير يكون أقرب الى السطح، وهى تربة قلوية نوعاً ما.
- **السيروزيم Sierozems**؛ تربة آفاقها غير محددة، الدوبال فيها قليل، والجير قريب الى السطح.

وبالانطلاق من تلك المصطلحات التى تساعد على تفسير نماذج التربة المتباينة مع تباين الظروف المناخية، يمكن تمييز أنواع التربة النطاقية التالية المتوافقة مع الأقاليم المناخية الكبرى:

الأقاليم الحارة؛ وتميز فيها التربات التالية:

(أ) تربة الغابة المطيرة والسافانا الرطبة، وتتميز بأن درجة اللترتة فيها عالية، كما أن انجراف المواد القلوية يجعل التربة هناك حامضية، وكمية الدوبال أيضاً منخفظة. وهى تربة غير خصبة، ولونها يميل للأحمرار.

(ب) تربة الحشائش المدارية؛ وهى غنية بالدوبال أكثر من التربة السابقة، وأكثر خصوبة، إلا أن خصوبتها تستنفذ بسرعة، ولونها قاتم.

(جـ) تربة الصحارى، وتتميز بأن المادة العضوية فيها قليلة، والجير يكون متجمعا قرب السطح.

الأقاليم الدافئة؛ ويميز فيها الأنواع الآتية من التربة:

(أ) تربة اقليم البحر المتوسط؛ الغسل فيها محدود، غنية بالجير الذى يوجد حتى عمق كبير.

(ب) تربة اقليم شرق القارات؛ وتكون تلك التربة ملترنة، وفقيرة بالمواد العضوية.

(جـ) تربة الصحارى؛ مثلها فى ذلك مثل صحارى الاقاليم. الحارة

الاقاليم المعتدلة البرودة والباردة؛ ويميز فيها:

(أ) تربة المناطق الرطبة؛ وهى تربة بودزولية، تحتوى على طبقة رقيقة من الدوبال.

(ب)تربة مناطق الأمطار المتوسطة (المروج)؛ كمية الدوبال فيها مرتفعة، والغسل محدود، وهى تربة خصبة.

(جـ) تربة مناطق الأمطار القليلة (السهوب)؛ طبقة الدوبال بها عميقة، والجير متجمع فيها بعمق للاسفل، وهى حافظة للماء، وخصبة جداً.

(د) تربة مناطق الصيف القصير (التندرا)؛ وهى تربة لاهوائية، كمية الدوبال فيها قليلة، وهى حامضية جداً.

ويتضح من الشرح المختصر السابق لأنواع التربة الرئيسية أهمية المناخ فى بناء التربة وتطورها.

٢- التربة بين النطاقية Intra Zonal Soils، ٣- والتربة اللانطاقية Azonal Soils؛

. على الرغم من أن اعتماد التربة بين النطاقية على المناخ يكون محدوداً جداً، إلا أن العلاقة بين تلك التربة والمناخ تبدو واضحة فى كثير من الأحيان. فالتربة الملحية والقلوية (Halomorphic Soils) غالباً ما تتشكل فى المناطق الجافة حيث يؤدى التبخر الشديد الى تبخير الماء السطحى وبقاء الأملاح التى تتزايد مع الزمن، والناتجة إما عن تحلل الصخور الرسوبية الحاوية على الاملاح، أو من تصاعد الأملاح مع الماء بالخاصية الشعرية من تحت السطح، أو من رى التربة بماء يحتوى على الأملاح. وتتصف التربة الملحية والقلوية بعدم صلاحيتها للزراعة ما لم يتم غسل أملاحها. ومن التربة بين النطاقية التى يظهر بين تشكلها والمناخ علاقة واضحة هى التربة المائية التى هى خصيصة مميزة لمناطق التصريف الفقيرة كالمستنقعات التى توجد حينما يتجمع ماء المطر المنساب فوق المرتفعات تجاه المنخفضات والماء المترشح من الأراضى المجاورة ليشكل فى تلك المناطق المائية تربة غدقة. وفى هذه التربة نجد أن التضاريس تلعب دوراً بارزاً.

أما التربة اللانطاقية، فهى تلك التربة التى لم يتوفر لها الزمن الكافى لتطور آفاقها، وبالتالى لا يمكن تحديد تلك الآفاق. لذا فمن النادر أن يلاحظ وجود علاقة بين تلك التربة وبين الأحوال المناخية، على الرغم من أن تربة كالريجو سول، وأيضا تربة اللوس توجد فى مناطق معينة دون سواها. فتربة ال ن تتشكل بفعل انتقال جزئيات التربة من منطقة إلى أخرى بواسطة الرياح حيث يتم ترسيب تلك الجزئيات المنقولة حالما يسقط المطر، وبالتالى تكون منطقة الترسيب بعيدة عن المصدر المنقول منه. أيضا فأن التربة الطمية التى تتشكل على طول السهول الفيضية للأنهار هى من التربة اللانطاقية، ويحدد امتداد هذه التربة وعمقها؛ كمية الماء الجارى، وسرعة تدفقه، وتبدل أحواله بين التحاريق والفيضان، والتى ترتبط نفسها بالدورة المائية.

ثالثاً: المناخ والنبات

ليس الغرض من هذا الجزء مناقشة نشأة النبات، وإنما الغرض هو البحث عن العوامل المختلفة التى أدت الى تطور المجتمع النباتى، وتباين التجمعات النباتية بين منطقة وأخرى ولا بد هنا من بيان الدور الذى يلعبه المناخ فى تحديد نوع النبات الذى ينمو فى منطقة معينة دون سواها. وفى الجزء السابق أوضحنا كيف أن نمو التربة كان الى درجة كبيرة من فعل المناخ والنبات، وفى هذا الجزء سنحاول توضيح العلاقة القائمة بين النبات والمناخ والتربة. ذلك أنه إذا كانت التربة تمد النبات بالمواد المغذية، فأن المناخ يحدد شكل النبات السائد ونوعه، وعنصرا المناخ الرئيسيين الحرارة والمطر هما الأكثر أهمية فى تأثيرهما على النباتات الطبيعية.

ومن الممكن تقسيم النباتات الى خمسة أنواع حسب درجة احتياجها للماء:

١ - النباتات الجافة Xérophytes ؛ هى تلك النباتات المتكيفة مع ظروف الجفاف.

٢ - النباتات المعتدلة Mesophytes ؛ وهى نباتات تحتاج إلى كمية معتدلة من الماء.

٣ - النباتات المائية Hygrophytes ؛ هى تلك النباتات التى تعيش إما فى الماء أو فى المناخات الرطبة جداً.

٤ - النباتات الهوائية Epiphytes ؛ وهى نباتات تستمد حاجتها من الماء من رطوبة الهواء. ولذا فأنه من الضرورى أن تكون الرطوبة النسبية مرتفعة حتى تتمكن هذه النباتات من البقاء.

٥ - النباتات المتقلبة Tropophytes ؛ وهى نباتات يمكنها أن تتكيف مع أى ظروف، تتحمل الجفاف، كما أنها تتحمل وفرة الماء.

ولكى تتغلب النباتات الجافة وتلبى احتياجاتها من الماء فأنها تستخدم إحدى الطرق الثلاث التالية؛

أ – وجود لحاء شمعى سميك وأوراق صلبة، بحيث تقل نسبة الفاقد من الماء بالنتح.

ب– تخزين الماء ضمن أنسجة النبات، كما فى نبات الصبار.

جـ– تغلغل الجذور باتجاه الأعماق نحو مواقع الرطوبة تحت السطحية.

ويبدو أن معظم النباتات يتوقف نموها عند انخفاض درجة حرارة التربة الى ما دون ٦ْم. إذ أن درجات الحرارة المنخفضة جدا تجعل قدرة النبات على امتصاص الماء قليلة، وبالتالى فأن النبات يعجز عن تعويض الكمية المفقودة منه بالنتح. كما أن درجات الحرارة المؤدية للتجمد يمكنها أن تؤذى خلايا النبات مسببة جفافه وحدوث تغيرات كيميائية فيه. أما درجات الحرارة المرتفعة فتؤدى إلى تزايد كمية المياه المنتجة وفى حال عدم وجود مصدر دائم للماء يوفر للنبات احتياجاته، فان النبات سوف يذبل، ومن ثم قد يتعرض للموت.

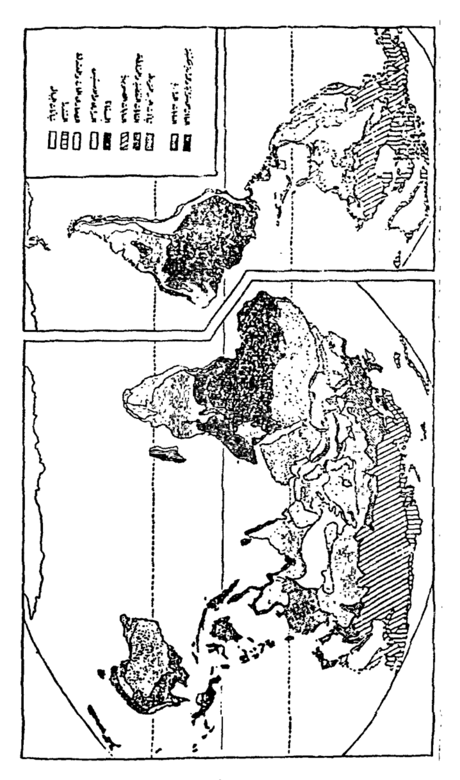
المجموعات النباتية الكبري وتوافقها مع المناخ:

ترتبط كثافة الغطاء النباتى ونوعيته ارتباطاً شديداً بالظروف المناخية، حتى أن البعض يعد النبات بمثابة المرآة التى تنعكس من خلالها الاختلافات المناخية. فكل نوع نباتى يسود فى منطقة مناخية معينة، فالاشجار صفة للمناخ الرطب. بينما تقل الاشجار ويزداد نمو الحشائش كلما أنتقل المناخ إلى الجفاف، وفى المناخات الجافة تقل النباتات كثيراً إن لم تنعدم.

وتتمثل المجموعات النباتية الكبير والتى توافق مع ظروف مناخية معينة، فيما يلى (شكل رقم : ١٢–٥)

أولاً: الغابات:

رغم كثرة التعريفات للغابة والأراضى الشجرية، إلا أن التداخلات الكثيرة فى تلك التعريفات والتى زادت من حدتها أنها باتت ضمن لغة الحديث اليومى العادى ولذلا فأن الأمر يتطلب تحديد ذلك بدقة، فالغابة؛ هى مساحة من الأرض غير المزروعة والمغطاة بالأشجار بشكل كامل تقريباً، وغالباً ما تحتوى الغابة على أكثر من طبقة تاجية (مظلة). وإذا قلت كثافة الاشجار فإن الغابة تعرف بالأرض الشجرية، فهى أرض غطاؤها الرئيسى الاشجار. إلا أن تيجان الأشجار أقل تلامسا مما هى الحال فى الغابة. وغالبا ما يستعمل اصطلاح الجونجيل Jungle؛ لوصف كتلة كثيفة من النبات (غابة مدارية موسمية مع وفرة فى النباتات التى تنمو فى أرضيتها)، وهى أرض غير مزروعة.



(شكل رقم: ١٢ -٥) توزيع الأقاليم النباتية في العالم

وعلى الرغم من أن مناطق الغابات والأراضى الشجرية تدل على وجود مناخ رطب، إلا أن فصلية المطر واختلاف درجة الحرارة يجعل هناك اختلافات ما بين تلك المناطق، بحيث يمكن تمييز تسعة أنواع مختلفة من الغابات والأراضى الشجرية.

١ - الغابة الاستوائية الدائمة الخضرة Silva (الغابة المطيرة Rain Forest):

على الرغم من وصف الغابة الاستوائية بأنها دائمة الخضرة فهذا لا يعنى أن أوراقها دائمة لا تتساقط أبداً، فأوراقها تتبدل، ولكنها تتجدد فور سقوطها ولا تتساقط الأوراق دفعة واحدة لأن تساقطها ليس عائداً لأسباب مناخية، وهذا ما يجعلها أنواعها متباعدة عن بعضها، الأخضر باستمرار، ولاريب أن كثافة اشجار الغابة يجعل أنواعها متباعدة عن بعضها، حيث يندر أن تتجمع الاشجار مع بعضها البعض. ومن أهم أشجار تلك الغابة؛ الابنوس، والماهوجنى، والمطاط، والليانا (المتسلقات الخشبية) بجانب وفرة من النباتات الهوائية (الهوائيات). ولقد أثر الإنسان على التوازن البيئي الطبيعى للغابة، حيث قام بإزالتها من بقاع متعددة ليزرع بدلا منها زراعات معيشية، كما استثمر جزءا من اشجارها، وهذا مما يؤدى إلى نفاذ ضوء الشمس إلى داخل الغابة ناجما عن ذلك وفرة فى النباتات التحتية. محولا الغابة الأصلية فى بعض الأماكن الى ما يعرف بالجونجيل. وفى الأماكن التى أزيلت أشجارها نمت أشجار ضخمة كالموز، والموز الأفريقى، والزنجبيل. ومع تزايد الارتفاع عن سطح البحر تأخذ الاشجار الصنوبرية بالظهور، كما فى أشجار الأرز والعرعر.

٢ - الغابة شبه النفضية المدارية (الغابة الموسمية)

فى مناطق التمايز المناخى الفصلى، حيث تسقط الامطار فى نصف السنة الصيفى، ولكن مع وفرة فى كميتها، تسود غابة تعرف بالغابة الموسمية التى تسود فيها بعض الاشجار الدائمة الخضرة، إلا أن الغالب عليها هى الأشجار النفضية، ومن الاشجار النفضية السائدة أشجار الساج (التيك).

٣ - الغابة الشوكية المدارية

وتوجد عادة فى المناطق التى تطول فيها فترة الجفاف، ومن أشجارها الآكاسيا (العائلة السنطية) بأنواعها المتعددة.

٤ - الغابة الصلبة الأوراق Selerophyllous Woodland:

وأشجارها من النوع الصلب، وورقها يقاوم الجفاف عن طريق التقليل من كمية نتح الماء منها. وتسود تلك الأشجار فى مناطق مناخ البحر المتوسط حيث فصل الصيف الجاف الطويل. وتتضمن أراضى الاشجار هذه على العديد من الصنوبريات،

وبعض النباتات الدائمة الخضرة – كالبلوط –، والنخيل، والعديد من الشجيرات – كالغار، والاوكاليبتوس (الكافور) .

٥- الغابة المعتدلة Mesophytic Woodland،

وتتمثل فى المناطق شبه المدارية التى تسقط فيها كميات معتدلة من الامطار على مدار السنة. ومن أشجار هذه الغابة: النخيل، وأشجار متساقطة الأوراق. وبعض الصنوبريات، والآكاسيا. أشجار السرخس.

٦- الغابة المعتدلة الباردة (الأشجار المتقلبة) Tropophytie Woodland

وتسود هنا الاشجار التى تسقط أوراقها بسبب الانخفاض الحرارى فى فصل الشتاء، وما أن يأتى الصيف حتى تظهر الأوراق يانعة خضراء. وهذا ما يشاهد فى الأجزاء الغربية من القارات بالدرجة الأولى فيما بين دائرتى عرض ٤٠ – ٦٠ْ تقريبا، حيث يكون التساقط تقريبا بشكل دائم والحرارة معتدلة صيفا ومنخفضة شتاء. ومن أهم أشجار هذه الأراضى؛ الدردار، والزان، والبلوط، وفى بعض الأحيان تتداخل الاشجار الصنوبرية مع الأشجار المتساقطة الأوراق.

٧- الغابات الصنوبرية

وتعرف بالغابات المخروطية الدائمة الخضرة بالدرجة الأولى (صنوبر، شربين، تنوب فضى، أرز) مع نسبة قليلة من الاشجار النفضية (زان، حور، صفصاف). وتتوافق تلك الأراضى الغابية مع المناخ الذى يتصف بالشتاء البارد الطويل. والصيف القصير الذى لا يقل متوسط حرارة الشهر الحار فيه عن ١٠ْم، وذلك فيما بين دائرتى عرض ٥٠ – ٧٠ْ تقريبا، وعند الهوامش الشمالية المجاورة لأراضى التندرا.

٨- الغابة الجبلية

وتوجد بصورة رئيسية فى المرتفعات المدارية وشبه المداريه. حيث تسقط الأمطار طوال السنة. وتدعى هذة الغابة أحيانًا باسم غابة السحب Cloud forest وتتضمن عدداً كبيراً من الهوائيات، والمتسلقات، والاشجار السرخسية، كما نجد من ضمنها غابات الخيزران.

٩- غابات الماء (المانجروف)

وتظهر فى المناطق المستنقعيه، كما فى مستنقعات المانجروف فى المناطق المدارية. ومستنقعات السرو Bald Cyress فى المناطق شبه المدارية.

ثانياً: النباتات الشجيرية Shurbland، والحشائش Grassland

الشجيرات أو الادغال هى نباتات خشبية منخفضة قليلا، لها جذع صغير وقد تكون دون جذع. أما الحشائش فهى أية نباتات تنتمى الى العائلة النجيلية، ولذلك نجدها تتضمن القمح والحبوب الأخرى، والخيزران، وقصب السكر، وأنواع أخرى.

ويستخدم اصطلاح أراضى حشائشية للدلالة على منطقة تسود فيها حشائش عشبية خلال فترة من السنة لا تقل عن بضعة أشهر.

ومن الممكن تمييز سبعة أنواع من النباتات الشجيرية والحشائشية:

١- الحشائش المدارية

وتتمثل فى السافانا الأفريقية، وأراضى اللانوس والكامبوس فى أمريكا الجنوبية، حيث الشتاء الجاف، والصيف الممطر الذى تنمو فيه الحشائش الطويلة جدا (حشيشة الفيل) وبعض الاشجار؛ كالآكاسيا (السنط). والباوباب.

٢- الحشائش المعتدلة

وتعَرف بالبرارى، ويكون الغطاء الحشائشى فيها متوسط الطول، وتسود فى مناطق المناخ المعتدل.

٣- حشائش المراعي المعتدلة

وتختلف هذه الحشائش عن البرارى، فى أنها تنمو فى المناطق التى تسقط فيها أمطار منتظمة إلى حد ما وبشكل ملائم، وهذه الحشائش تتراوح بين كونها قصيرة الى متوسطة الطول. وحينما تنمو تلك الحشائش فى المناطق التى تتراوح أمطارها السنوية بين ٥٠٠ – ٧٥٠ مم توجد أفضل أراضى الرعى فى العالم.

٤- الحشائش المعتدلة الباردة

حيث تكون كمية الأمطار أقل من النوع السابق، تنمو حشائش قصيرة فى مناطق السهوب، حتى لنجد أن اصطلاح «سهب» يشير الى تلك الحشائش. والأمطار تسقط فى فصل الصيف، وبكميات تقل عن ٥٠٠ مم سنوياً.

٥- المروج والحشائش المعتدلة المائلة للبرودة

وهى أراضى فقيرة بالنباتات، حيث تكون الأرض مكشوفة، كما أن التربة فى هذه الأراضى فقيرة. ويمكن أن يوجد فيها بعض الشجيرات من العائلة الخلنجية كالسرخسيات. وفى الأماكن التى يكون فيها التصريف رديئاً تتشكل ظروف مستنقعية، أما فى حالة التصريف الجيد، والرطوبة متوفرة، والتربة دافئة وخصبة فأن الأرض عندها تغطى بمروج ألبية أو جبلية غزيرة وخصبة.

٦- الشجيرات الجبلية

وتتمثل فى حزام من الخلنجيات، وتكثر نباتات اللوبيليا، والبابونج فى المرتفعات المدارية.

٧- أراضي الادغال

وتعرف أيضا باسم الاحراج. وهى عبارة عن أراض مغطاة بغطاء نباتى كثيف من الشجيرات الدائمة الخضرة المحدودة الارتفاع والمختلطة أحياناً مع الاشجار. وفى مناطق هذه النباتات أما إأن تكون الامطار قليلة إلى حد ما أو أن تكون التربة فقيرة، والمنطقة النموذجية لسيادة تلك النباتات تتمثل فى الأجزاء شبه الجافةج من العالم على حافة الصحارى الحارة، والأمثلة عنها؛ الشابارال، والماكى، وتشبه تلك الأراضى الاحراج والابكات فى المناطق المدارية، والتى تكون أحيانا كثيفة بحيث يصعب على الإنسان اختراقها.

ثالثاً: الصحاري

على الرغم، من أن الصحارى تحتل مساحة تقدر بحوالى ٣٠٪ من مساحة يابس الأرض، إلا أن نسبة بسيطة منها تكون عارية جرداء تماماً. وإذا كانت النباتات قليلة جداً فى مناطق الصحارى، إلا أن هذا يتوافق مع حالة الجفاف التى تسيطر فى تلك المناطق. وإذا كان البعض يحدد المناخ الصحراوى بخط المطر السنوى ٢٥٠ مم، إلا أن درجة الحرارة قد تغير من فاعلية هذه القيمة من الأمطار، ذلك أن الجفاف لا يرتبط فقط بالأمطار، بل تلعب درجة الحرارة دوراً فى تحديد فاعلية الامطار الساقطة. ومهما يكن الأمر فأن الأراضى الصحراوية تتميز بجديها وبعدم ملاءمة الظروف المناخية لقيام حياة نباتية طبيعغية.

ويمكن تقسيم الأراضى الصحراوية الى أربعة أقسام حسب النباتات المتمثلة فيها:

١- **شجيرات وحشائش الصحاري:** أراضى تسود فيها شجيرات جافة مع بعض الحشائش، وتوجد فيها مساحات كبيرة عارية من أى نبات.

٢- **شجيرات صحراوية:** أراضى شجيرية نموها محدود جداً وجافة. والشجيرات خشبية. ذات أوراق عريضة متساقطة، ويكثر فيها المساحات العارية أكثر من النوع الأول.

٣- **صحراء:** أرض جرداء تماماً من أى نبات.

٤- **التندرا:** تتمثل فى مناطق الصيف القصير التى لا ترتفع فيها درجة حرارة أكثر الشهور حرارة فى السنة عن ١٠°م، وحيث تخلو الأرض من الثلج لفترة صيفية تكفى لنمو نباتات التندرا، نجد الغطاء النباتى متمثلا فى نباتات قليلة الارتفاع،

كالطحالب والاشنيات مع بعض النباتات المزهرة. وتأخذ الأرض فى الصيف صفة مستنقعية. ومثيل أراضى التندرا يشاهد فى أراضى المرتفعات المدارية فوق خط الشجر وتحت خط الثلج الدائم.

الفصل السادس

المناخ وحياة الإنسان

(مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل)

المناخ وحياة الإنسان
(مع التطبيق علي دلتا النيل)

مقدمة

يعتقد البعض أن تطور الأمم وتقدمها فى المسار الحضارى يرتبط بالمناخ بينما يرى البعض الآخر أن الأمم يمكنها التغلب على الصعوبات التى توجدها الظروف المناخية فى مواجهة التقدم. ففى الأزمنة الأولى من تاريخ البشرية تطورت الحضارات الأولى فى مناطق لم يكن للإنسان حاجة للصراع فى بيئته صد عوامل الطبيعة، كما أن المجتمعات الصغيرة، كالمجتمعات القبلية على سبيل المثال، حيث لم يكن الإنسان فيها يشغل نفسه بأمور الملبس والتدفئة بل كان يشغل نفسه بكيفية التغلب على الصعوبات التى قد يكون للمناخ دوراً فى وجودها. إلا أنه بتقدم وتعدد نماذج الملابس ووسائل التدفئة تمكن الإنسان من حماية نفسه من التطرفات الحرارية الشديدة حينما وجد، من خلال تحسين نوعيه الملابس، ووسائل التدفئة، وتشييد المساكن الملائمه مع الظروف المناخية. وبهذا استطاع الإنسان أن ينقل الحضارة إلى مناطق كانت فى بداية تاريخ الإنسان غير مأهولة بالسكان.

ولقد أثبت علم وظائف أعضاء الإنسان أن الإنسان يستطيع القيام بأعمال جسدية مضنية عدن درجة حرارة فوق المثلى للعمل العقلى. ومع أن المناخ الابرد من حرارة جسم الإنسان يقوم بدور تحذير، الا أن الإنسان استطاع التكيف مع هذا المناخ بسهولة، وأن يتطور عقليا بسرعة أكبر فى المناطق ذات المناخ البحرى أو شبه البحرى المائل للبرودة، وأن قسوة المناخ القارى كان من الصعب على الإنسان التغلب عليها. ولهذا فأن الفروق الحضارية بين منطقة وأخرى أرجعها البعض الى التباينات المناخية وما ينجم عن ذلك ن آفات وأمراض.

ومما لا ريب فيه ان الإنسان فى الوقت الحالى لم يعد أسير ظروف مناخية معينة تفرض عليه نشاطاً محدداً أو نمطاً معيشياً معينا، بل أن الإنسان بقدراته العقلية المتنامية أصبح متمكنا أكثر من أى وقت مضى من تغيير حالة الجو فى أماكن محدودة على مستوى المسكن أو المصنع أو مكان العمل.

أولاً: المناخ وراحة الإنسان

ترتبط طاقة الإنسان وصحته ارتباطاً قوياً بعناصر المناخ أكثر من أى عنصر آخر من عناصر البيئة الطبيعية. فلقد ثبت أن الوظائف الفسيولوجية للجسم البشرى تستجيب للتغيرات الجوية، كما أن اختيار كمية ونوع الغذاء والملابس وظهور بعض الأمراض وانتشارها يعكس أيضاً أثر الظروف المناخية عليها. وتحاول الدراسة فى هذا الفصل أن توضح تلك العلاقات القائمة بين المناخ بعناصره المختلفة، كعنصر من عناصر البيئة الطبيعية، وبين راحة الإنسان.

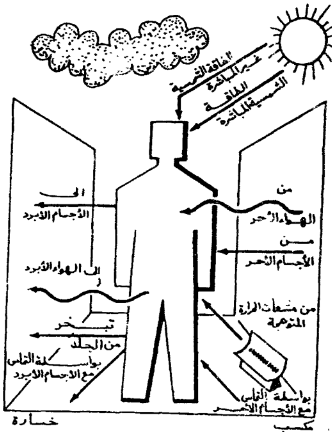
درجة الحرارة وجسم الإنسان

يمكن النظر إلى جسم الإنسان على أنه شبيه بالآلة، وحيث أن الآلة لا تتحرك دون طاقة فأن الانسان أيضا يتطلب طاقة للبقاء على قيد الحياة. ومن هذا المنطق يمكن القول ان الإنسان العادى المتوسط الوزن يبذل طاقة تقدر بحوالى ٨٠ كيلو وحدة حرارية فى الساعة عندما يكون فى حالة ركود (نائم)، وهذه الكمية اذا لم تبدد فإنها يمكن أن ترفع حرارة الجسم قرابة درجة مئوية واحدة فى الساعة. وعندما يمشى الإنسان بمعدل سرعة ٥ كيلومتر/ساعة فأن كمية الطاقة التى يبذلها تصل إلى أكثر من ٢٠٠ كيلو وحدة حرارية/ساعة، وفى حال بذل جهد أكبر أثناء القيام بعلم جسمانى فأن هذهالكمية يمكن أن تزيد عن ٦٠٠ كيلو وحدة حرارية فى الساعة الواحدة. وإذا كان وزن الإنسان أكثر من ٧٠ كيلوجراماً فان الأرقام السابقة تتغير، ذلك أن الحرارة التى يصرفها الجسم تكون متناسبةً مع وزنه (و $^{٠.٧٦}$) حيث (و) هى وزن جسم الإنسان.

وتزداد الحرارة التى يولدها الجسم فيما إذا كان الإنسان يحمل حملاً بالاضافة إلى وزنه. وهذه الزيادة تقدر بحدود ٣ كيلو وحدة حرارية/ساعة للكيلوجرام من الأحمال التى يصل وزنها حتى ٢٠ كيلو جراما، ويعد الطعام المصدر الرئيسى لحرارة الجسم، فحوالى ٨٠٪ من الطاقة المتولدة ذاتيا من الجسم تستخدم فى نمو الجسم وتجديده وانتاج الحرارة، بينما تتخذ ٢٠٪ الباقية كطاقة للأنشطة اليومية. وفى أثناء القيام بجهد عضلى فأن حوالى ٧٠٪ من الحرارة الناتجة تتبدد أو تفقد، وبالاضافة إلى هذه الحرارة المتولدة ذاتياً، فأن الإنسان يكتسب الحرارة من البيئة الطبيعية المحيطة به بواسطة الاشعاع والحمل والتوصيل – والشكل رقم (١–٦) يوضح توازن الحرارة فى انسان ضمن بيئة طبيعية (على موسى، ١٩٨٢).

ويستطيع الإنسان أن يستمد كمية من الحرارة المشعة من البيئة فى حالة وجود سطح مشع واقع على خط مباشر مع الجزء الأكبر من جسمه، وهذا يمده بدرجة حرارة تزيد عن ٣٣°م وهذه الدرجة هى المعدل التقريبى لدرجة حرارة الجلد أو سطح الجسم. ولقد

وضــع أدولـف Adolph (١٩٤٧) قيـمـا تقـريبـيـة أولـيـة لهـذا الكسب بالكـيلـو وحـدة حرارية/ساعة.



(شكل رقم: ١-٦): توازن الحرارة في إنسان ضمن بيئة طبيعية

(١) ٢٠٠ + ٢٥ (ح - ٣٣) لجسم الإنسان العارى تحت الشمس مباشرة.

(٢) ١٠٠ + ٢٢ (ح - ٣٣) لجسم الإنسان المغطى بملابس تحت الشمس.

(٣) ٢٠ + ١٨ (ح - ٣٣) لجسم الإنسان المرتدى ملابسه فى الليل.

حيث : ح هى درجة حرارة الهواء بالدرجة المئوية.

وقد استمدت هذه البيانات من تجارب أجريت فى مناطق جافة (صحراء). أما فى المناطق ذات الرطوبة المرتفعة فان البيانات السابقة تتغير فتؤدى إلى وجود نقص فى كمية حرارة الاشعاع. وللحصول على نظرة متكاملة لجميع السطوح التى تلعب دوراً فى التوازن الاشعاعى، فأن مفهوم معدل درجة حرارة الاشعاع يكون له أهمية خاصة، وهذا المفهوم يمثل درجة الحرارة التى يبثها الجسم بشكل اشعاع كالذى يستمده من الوسط المحيط به، وحالة التوازن تتم بتساوى المكتسب مع الفاقد من الحرارة. ويمكن تقدير معدل درجة حرارة الاشعاع باستعمال ميزان حرارة كروى (كرة نحاسية محمول فى وسطها جهاز قياس الحرارة. وبالطبع فان الإنسان يستمد حرارة اضافية عندما تكون

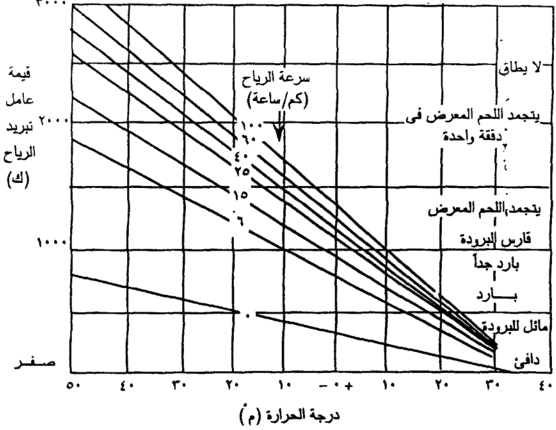
حرارة الهواء الملاصق له تزيد عن ٣٣ْم، وحركة الهواء المتماسة معه تقدم الى الجسم حرارة أكثر. أما فى حالة إذا كانت درجة حرارة الهواء أقل من ٣٣ْم فأن المرء يشعر بالبرودة من تأثير برودة الهواء المتحرك حوله. ويزداد فقد الحرارة من الجسم عندما تكون درجة الحرارة منخفضة وسرعة الهواء شديدة. ولقد درست قوة تبريد الهواء المتحرك، والتى تعرف بعامل تبريد الرياح Wind - Chill factor، ويعتمد هذا العامل على المعدل الذى يبرد فيه الجسم العارى، ويتغير عامل التبـ.. جذريا فى حالة وجود الملابس، غير أن الشعور بالبرد عن طريق الأعضاء الخارجية من الجسم مثل، اليدين والوجه، يضبط هذا العامل بشكل مناسب الى حد كبير، وتبين العلاقة التالية كيفية حساب قيمة عامل تبريد الرياح (ك):

ك = (٣٣ - ح) (١٠ $\sqrt{ر}$ + ١٠,٥ - ر)

حيث: ح - درجة الحرارة (درجة مئوية) ر = سرعة الرياح (م/ث)

ك = عامل تبريد الرياح (كيلو وحدة حرارية/م٢).

ويوضح الشكل (رقم: ٢-٦) تغير عامل التبريد مع درجة الحرارة وسرعة الرياح.



(شكل رقم: ٢-٦): تغير درجة تبريد الرياح مع اختلاف درجة الحرارة وسرعة الرياح

وتتحدد درجة الاحساس بالبرودة من الجدول التالي:

قيمة عامل التبريد (كيلو وحدة حرارية/ م٢)	الاحساس	قيمة عامل التبريد (كيلو وحدة حرارية/ م٢)	الاحساس
أقل ٥٠	حــار	٨٠٠ – ١٠٠٠	بارد جداً
٥٠ – ١٠٠	دافئ	١٠٠٠ – ١٢٠٠	قارس البرودة
١٠٠ – ٢٠٠	لطيف (منعش)	١٢٠٠ – ١٤٠٠	يتجمد اللحم المعرض
٢٠٠ – ٤٠٠	مائل للبرودة	١٤٠٠ – ٢٠٠٠	يتجمد اللحم المعرض في دقيقة واحدة
٤٠٠ – ٦٠٠	أميل للبرودة		
٦٠٠ – ٨٠٠	بــارد	٢٠٠٠ – ٢٥٠٠	لا يطاق

ويمكن أن تصل قيمة عامل التبريد (ك) الى ١٤٠٠ كيلو وحدة حرارية/م٢ ضمن الحالات التالية:

درجة حرارة – ٧ ْ م وسرعة رياح ٧٠ كم/م ث.

درجة حرارة – ١٢ ْم وسرعة رياح ٣٠ كم/ م ث.

درجة حرارة – ٢٣ ْ م وسرعة رياح ١١ كم/ م ث.

درجة حرارة – ٤٠ ْ م وسرعة رياح ١٣ كم/ م ث.

وتشير البيانات السابقة إلى أهمية الدور الذى يلعبه تحرك الهواء عند درجات حرارة منخفضة، ويظهر منها أيضا أن راحة الإنسان نقل كثيراً فى المناخات البحرية فى حال هبوب رياح شديدة السرعة، كما أنه يكون غير مرتاح فى المناطق ذات المناخ القارى التى يخيم عليها هدوء نسبى خلال فصل الشتاء. ويكون توصيل الحرارةمن الإنسان وإليه عادة قليل، وهذا يحدث عبر سنتيمتر واحد أو عدة سنتيمترات من الملابس، إلا أن النسبه ترتفع فى حال استلقاء الإنسان على الأرض خاصة فى الليل، بسبب أن كثيراً من الحرارة يمكن أن ينقل بالتوصيل من الجسم إلى السطح البارد المحيط به.

ويلعب الماء دوراً كبيراً فى التنظيم الحرارى لجسم الإنسان، فالجسم الذى يفقد الماء سيحصل على توازنه عندما تتوازن درجات الحرارة المستمدة من مصادر متنوعة مع المفقود من الجلد. إلا أنه ليس من الضرورى أن يكون هذا التوازن مساوياً لمعدل درجة حرارة الاشعاع. وإذا ما أراد الانسان أن يبقى حياً فعليه أن يحافظ على درجة حرارة جسمه ضمن حدود معينة صغيرة.

الماء في جسم الإنسان

يتطلب تبخر جرام واحد من الماء (١ سم٣) كمية من الحرارة تقدر بحوالى ٠.٦ كيلو

وحدة حرارية، ولذا فأن كوبا من الماء (٢٣٠ جرام) يلزمه كمية حرارة مقدارها ١٣٨ كيلو وحدة حرارية كى تتبخر مياهه. وعندما ترتفع حرارة الجسم فأن مصدر تخفيفها يكون عن طريق تبخير المياه، أما بواسطة العرق أو بالتبخر المباشر للرطوبة من الرئتين والمجارى التنفسية العليا. وفى حالة اذا كانت درجة الحرارة مرتفعة (أكثر من ٣٠°م) والرطوبة النسبية عالية (أكثر من ٥٠٪) فأن فقدان الحرارة عن طريق التنفس يكون أكثر من فقدها عن طريق العرق. أما إذا كان الهواء مشبعا ببخار الماء ودرجة الحرارة تزيد عن ٣٣°م فأن العرق يبقى الأهم فى فقد الحرارة، ولكن اذا زادت درجة الحرارة عن ٣٧°م (أكثر من حرارة الجسم) فأن الإنسان يكون فى حالة ضيق وارهاق، ويكون الهواء المفقود أثناء الزفير تقترب رطوبته النسبية من ٨٠ - ٩٠٪، وبذا فأن الحرارة المفقودة بالتنفس لا تكون عند نهايتها القصوى. وينبغى فى هذه الحالة إستخدام وسائل اصطناعية لتلطيف الجو، والا فأنه من الممكن حدوث انهيار جسمى بسبب الحرارة وربما يعقبه الموت، حيث أن ارتفاع درجة حرارة الجسم بضع درجات يسبب تلف خلايا المخ.

ولما كان الإنسان العادى (المتوسط الوزن) يحتوى جسمه على ثلثى وزنه ماء، فإن أى نقصان أو زيادة عن هذه النسبة المرتفعة بمقدار ١٪ يمكن أن يسبب اضطرابا فسيولوجيا جسيما، بينما لو نقصت النسبة بحدود ١٠٪ فأن الانسان يعجز عندها عن المشى، فى حين يتعرض للموت اذا نقصت الكمية عن ٢٠٪ ولم ينقذ بسرعة بامداده بالماء اللازم.

وقد أوضح ادولف Adolph (١٩٤٧) أن معدل العرق (جرام/ساعة) بالنسبة للإنسان العادى فى أجواء صحراوية جافة يكون على الشكل التالى (على موسى، ١٩٨٢):

(١) - بالنسبة لإنسان يمشى فى الشمس = ٧٢٠ + ٤١ (ح - ٣٣).

(٢) - بالنسبة لإنسان يمشى فى الليل = ٤٠٠ + ٣٩ (ح - ٣٣).

(٣) - بالنسبة للإنسان المرتدى ملابسه وجالساً فى الشمس = ٣٠٠ + ٣٦ (ح - ٣٣)

(٤) - بالنسبة لإنسان المرتدى ملابسه وجالساً فى الظل أثناء النهار = ١٨٠ + ٢٥ (ح - ٣٣).

ويتضح من العلاقتين (٣ ، ٤) أن الملابس توفر قرابة ١٢٠ كيلو وحدة حرارية/ساعة (ح = ٣٩°م) وهى كمية تعادل قرابة ٢٠٠ جرام/ساعة من العرق، وينبغى الافتراض أنه توجد حركة هواء كافية بهدف أبعاد الهواء المشبع ببخار الماء المتماس مع سطح الجسم، ولكن إذا ما كانت سرعة الهواء أكبر من اللازم لتحقيق توازن فى ماء الجسم فأن الفاقد من الماء يكون كبيراً. ولذا فأنه من الأفضل أن يتحرك المرء

حول نفسه لكى يخلق نسيماً، وهذه الحركة يمكن أن تسبب فى زيادة الحرارة المتولدة ذاتيا فى الجسم مما يبطل أى ميزة للهواء المتحرك. وينبغى على الإنسان فى حالة فقده لكمية من الماء أن يأخذ غيرها من مصدر ما، ذلك أنه من الضرورى أن تعوض المياه المفقودة بالعرق والتنفس. ويمثل الأعباء أو التعب الناجم عن فقد الماء خداعاً، حيث أن المرء قد ينهار من نقص الماء دون أن يدرك السبب. وهكذا فأن معرفة قيم معدل العرق ومغزاها يمكنها أن تقدم فوائد لأى شخص يجد نفسه تحت ظروف ضغط حرارى، حتى عندما يكون فى نزهة سيراً على الأقدام فى يوم من أيام الصيف الحار.

توازن جسم الإنسان

يمكن القول أن جسم الإنسان يكتسب حرارته، كما ذكرنا سلفاً، من مجموعة من المصادر هى: الاشعاع (R) من السطوح التى حرارتها تزيد عن ٣٣ْم (كالشمس، والمصابيح....)؛ والحمل (C) من الهواء الحار التى تزيد حرارته عن ٣٣ْم؛ والتوصيل (P) من تماس جسم الانسان مع الأجسام المرتفعة الحرارة؛ والحرارة المتولدة ذاتياً فى الجسم - الأبيض - Metabolism (M)(*).

ولكن الجسم يخسر حرارته بعدة طرق هى: الاشعاع (r) الى السطوح التى تقل درجة حرارتها عن ٣٣ْم؛ والحمل (c) بواسطة الهواء المتحرك الذى يحمل الحرارة المنبعثة من الجسم؛ والتوصيل (p) تماس جسم الانسان مع الأجسام ذات الحرارة الأخفض من حرارته؛ وأخيراً خسارة التبخر (e).

وفى حالة التوازن الحرارى، فان المكسب يجب أن يكون معادلا للخسارة، أى أن تكون:

$$R + C + P + M = r + c + p + e$$

وتكون قيم P و p صغيرتان عندما يكون الانسان غير مرتدى للمبلابس أى عارياً وغير مستلق فى حالة تماس مع أرض ساخنة أو أرض رطبة وباردة. أما إذا كان الإنسان مرتدياً ملابسه فأن التوصيل مع طبقة الهواء المحصورة فى طبقة ملابسه قد يكون كبيراً فى بعض الحالات.

وتجدر الاشارة هنا الى القول أنه فى درجات حرارة أقل من ١٠ْم، فأن $r + c = 9e$. بينما عند درجة حرارة ٢١ ْم، فأن: $r + c = 4e$، وتببدو e فى درجات الحرارة تلك على شكل خسارة غير محسوسة تتسم بصورة رئيسية عن طريق الرئتين. وبالطبع فأن

(*) مجموع التغيرات الكيميائية فى الخلايا الحية التى تؤمن الطاقة الضرورية للعمليات والنشاطات الحيوية والتى بها تمثل المواد الجديدة للتعويض عن المندثر منها.

العلاقات السابقة هى علاقات تقريبية. وعند درجة حرارة ٣٠ ْم فأن (r + c) و (e) تتعادلان مع بعض تقريباً، (أى أن : e = (r + c)) بينما فى درجات حرارة أعلى فأن c تبدأ فى السيادة حتى تصل الحرارة إلى ٣٣ ْم ويكون الفاقد بالاشعاع والحمل معدوماً تقريباً.

درجة احساس جسم الانسان بالعناصر المناخية

حاول العديد من الباحثين دراسة أثر المناخ على راحة الإنسان من خلال ما يظهر على الإنسان من تغيرات نفسية وصحية فى ظروف مناخية معينة، وقد تم صياغة ذلك فى علاقات تجمع بين عنصرين أو أكثر من العناصر المناخية، وفيما يلى بعض من تلك العلاقات التى تحدد درجة فاعلية بعض العناصر المناخية ذات الأهمية الكبرى بالنسبة للإنسان.

أ- فاعلية درجة الحرارة

تتمثل العناصر المناخية الرئيسية التى تحدد درجة راحة جسم الإنسان فى: الاشعاع، درجة حرارة الهواء، الرطوبة الجوية والرياح. غير أنه للمعرفة الكاملة بالمؤثرات التى تحدد درجة الراحة يجب الأخذ فى الحسبان بالتوصيل الحرارى للملابس، وضغط بخار الماء على الجلد، ومعدل الحرارة المتولدة ذاتياً والتى تسبب نشاط الجسم البشرى. ولكى يحتفظ الإنسان براحته يجب أولاً الحفاظ على درجة حرارة ثابتة لجسمه (٣٧ ْم). إلا أن تحديد درجة الراحة بشكل مطلق يعد أمر صعباً، وذلك بسبب الاختلافات البشرية، فدرجة تفاعل الإنسان مع الطقس تختلف حسب العديد من المتغيرات منها: سلامة الجسم، العمر، النوع (ذكر، أم أنثى)، نوعية الملابس، ودرجة التأقلم.

وتعد فاعلية درجة الحرارة أحد المؤشرات المناخية المستخدمة منذ فترة طويلة للدلالة على مدى راحة الإنسان فى ظروف حرارية معينة، إلا أن الارتباط وثيق بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح، فالهواء المشبع ببخار الماء عند درجة حرارة معينة يدل على فاعلية درجة حرارة معينة، وبالتالى على درجة راحة معينة. فرطوبة نسبية تزيد عن ٨٠٪ ودرجة حرارة أعلى من ٣٠ ْم تعطى شعوراً بالارهاق والضيق، بينما قد يتعرض الإنسان العارى لضربة شمس فى حال انخفاض الرطوبة الى أقل من ٥٠٪ مع بقاء درجة الحرارة مرتفعة (على موسى، ١٩٨٢).

ويبين الجدول التالى درجة راحة الانسان المطابقة لفاعلية درجة الحرارة، وذلك من النتائج المأخوذة من استراليا، فى بيئة داخل المنزل، ولعمال يلبسون ملابس عادية فى وضع الجلوس

نوع الراحة	فاعلية درجة الحرارة (مْ)
عدم راحة.	أقل من ١٥,٠
انتقالى بين الراحة وعدم الراحة (بارد).	١٥,٠ - ١٦,٩
حالة راحة.	١٧,٠ - ٢٤,٩
انتقالى بين عدم الراحة والراحة (حار).	٢٥,٠ - ٢٦,٩
عدم راحة.	٢٧,٠ - ٢٨,٠
عدم راحة شديد.	أكثر من ٢٨,٠

وإذا كان الإنسان يشعر بالإرهاق والاجهاد عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٣١ مْ، فان درجة حرارة ٣٥ مْ تمثل الحد الأعلى الجيد للاحتمال. والشكلين (رقم: ٣-٦ ، ٤-٦) يوضحان فاعلية درجات الحرارة في فصل الشتاء (شهر يناير) وفصل الصيف (شهر يوليو).

وبما أن فاعلية الحرارة تحددها درجة رطوبة الجو (شكل رقم: ٥-٦) ولذا استخدم مؤشر الحرارة - الرطوبة النسبية ليدل على مؤشر الراحة، أو على درجة الشعور بالراحة. ويحسب مؤشر الراحة بالنسبة لأشخاص يعملون فى مكاتب - باهمال الاشعاع وحركة الهواء - من العلاقة التالية: (على موسى، ١٩٨٢):

مؤشر الراحة (الحرارة/ الرطوبة) = ٠,٧٢ (ح + $ح_{ن}$) + ٤١

أو

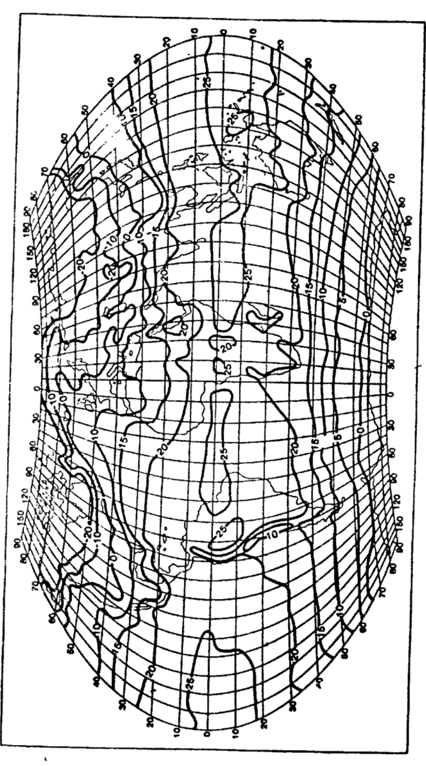
مؤشر الراحة (الحرارة / الرطوبة) = ج - (١ - ٠,٠١ هـ) (ح - ١٤,٥)

حيث:

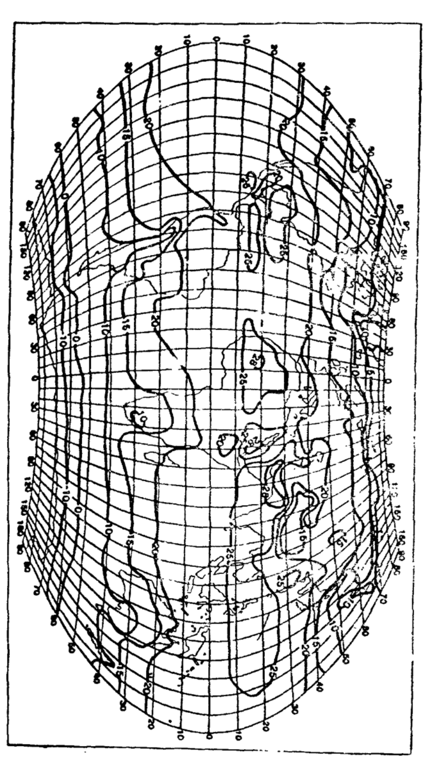
ح = درجة حرارة الهواء (درجة مئوية)

$ح_{ن}$ = درجة حرارة نقطة الندى

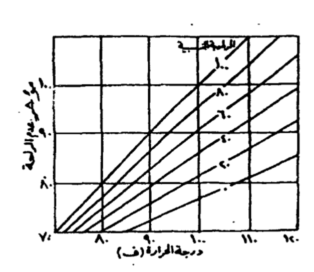
هـ = الرطوبة النسبية.



(شكل رقم: ٢-٦): فاعلية درجات الحرارة في فصل الشتاء (شهر يناير)



(شكل رقم: ٤-٦): فاعلية درجات الحرارة في فصل الصيف (شهر يوليو)



(شكل رقم: ٥-٦) اختلاف مؤشر الراحة مع اختلاف درجة الحرارة والرطوبة النسبية

ومن خلال ردود فعل عدد من الأشخاص لظروف جوية مختلفة الحرارة والرطوبة وجدت العلاقة بين قيم مؤشر الحرارة – الرطوبة النسبية، وراحة الإنسان، كما فى الجدول التالى..

موشر الحرارة/ الرطوبة النسبية	درجة الراحة
أقل من ٢١	شعور عام بالراحة
٢١ – ٢٤	راحة نسبية
٢٤ – ٢٧	عدم راحة
أكثر من ٢٧	عدم راحة شديد

وإذا أرتفعت قيمة المؤشر إلى أكثر من ٢٩ فأن الاجهاد يكون واضحاً، حتى أن بعض الدوائر الحكومية فى الولايات المتحدة تضطر إلى منح موظفيها عطلة فى مثل تلك الأوقات. فقد وصلت قيمة مؤشر الراحة الى ٣٣ فى يوما Yuma بولاية أريزونا فى شهر يوليو من عام ١٩٥٧.

وتمثل العلاقات السابقة علاقات تجريبية تقوم على احساس عدد كبير من الأشخاص المتشابهين فى ثقافتهم وفى ردود فعلهم لبيئتهم، ولذلا فأنها قد لا تنطبق كليا على أشخاص آخرين، إلا أنها تشير الى حدود نسبية لدرجة تحمل الإنسان لظروف جوية مختلفة.

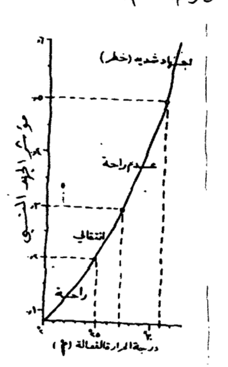
ب- مؤشر الجهد

ثمة مقياس آخر لتحديد راحة الإنسان يقوم على أساس مؤشر الجهد الحرارى والذى يحدد من خلال النسبة بين كمية العرق الذى يمكن أن يتبخر من الجلد للمحافظة على راحة حرارية والكمية العظمى للتبخر التى يمكن أن تحدث تحت ظروف خاصة. ومؤشر الجهد النسبى الذى يأخذ أيضاً فى الحسبان معدل الحرارة المتولدة ذاتيا، ودرجة حرارة الهواء (ح) والرطوبة الجوية (ط)، ومدة العمل، ومقاومة الهواء والملابس لجريان الحرارة نحو الخارج ولعبور بخار الماء، وحجم الهواء المتنفس (أثناء الزفير). والعلاقة التى وضعت قامت على أساس معدل الحرارة المتولدة ذاتيا لشخص يمشى بمعدل ٣.٢ كيلومتر/ساعة، ويلبس ملابس خفيفة فى حال وجود نسيم خفيف سرعته ٠.٥ م/ث، وصيغة العلاقة هى:

مؤشر الجهد = ١٠.٧ + ٠.٧٢ (ح – ٣٥) (٤٤ – ط)$^{-1}$

حيث ط قيمة الرطوبة الجوية (بالمليمتر)

وتؤخذ قيمة موشر الجهد النسبى ٠.٣ كقيمة حدية، فإذا كانت قيمة المؤشر أقل من ٠.٣ فالإنسان يكون فى حالة راحة، إما إذا كانت القيمة أكبر من ٠.٣ فأن الاجهاد يبدأ بالظهور على الإنسان (شكل رقم: ٦-٦).



(شكل رقم: ٦-٦): علاقة مؤشر الجهد النسبي مع فاعلية درجات الحرارة

المناخ وجسم الإنسان في بيئة دلتا النيل

ذكرنا سلفاً أن طاقة الإنسان ترتبط ارتباطاً قوياً بالمناخ أكثر من أى عنصر آخر من عناصر البيئة الطبيعية. فلقد ثبت أن الوظائف الفسيولوجية للجسم البشرى تستجيب للتغيرات الجوية.

وتتمثل العناصر المناخية التى يتأثر بها جسم الإنسان فى بيئة دلتا النيل تأثيراً مباشراً فى: درجة حرارة االهواء وحركته ونسبة الرطوبة. فالهواء البارد الساكن فى الشتاء يمكن للإنسان أن يتحمله، ولكنه اذا اشتد هبوب هذا الهواء فأنه يجعل الطقس بارداً جداً ولو أن درجة حرارته لم تنخفض، ويمكن للإنسان أن يتحمل درجات حرارة مرتفعة إذا كان الهواء جافاً، أما إذا كان الهواء رطباً فأنه يعمل على الشعور بالضيق والاختناق.

وهناك محاولات كثيرة لتحديد ومعرفة مدى تحمل الإنسان وتأثره بدرجة الحرارة وعلاقتها بنسبة الرطوبة وما ينتج عنهما من قلق للراحة. من هذه المحاولات محاولة تايلور G. taylor التى أطلق عليها اسم "Hythergraph" واستعان فيها. لرسم منحنى المناخ لأىء محطة جوية، بالمتوسط الشهرى لدرجة الحرارة وكمية المطر الشهرية (بوصة) ونظراً لأن كمية المطر لا تعد دليلاً كافياً للرطوبة، عند ربط وتقويم المناخ وعلاقته بالراحة البشرية، فأننا يمكن أن نتخذ متوسط درجة حرارة الترمومتر المبلل أو متوسط نسبة الرطوبة دليلاً، مع درجة حرارة الترمومتر الجاف، يوضح العلاقة القوية بين المناخ واستجابات الجسم البشرى له، ويمكن تحديد ذلك بمنحنيات للمناخ "Climograph" التى تضع أفضل الأسس لتعيين الأحوال والظروف الجوية التى يستطيع الإنسان أن يتحملها ويرتاح فيها.

وفى محاولة أخرى، اقترح توم "E.C.Thom" مقياساً لمعرفة العلاقة بين درجة الحرارة ونسبة الرطوبة ومدى تأثير الإنسان بهما، أطلق عليهما اسم مقياس التعب أو المضايقة"Discomfort Index" وتلخصه المعادلة الآتية:

$$DI = 0,4\ (ta + tw)\ 15$$

حيث أن Ta هى المتوسط السنوى لدرجة حرارة الترمومتر الجاف (فْ) و tw هى المتوسط السنوى لدرجة حرارة الترمومتر المبلل (فْ). والمضايقة على نتيجة المعادلة، فإذا ما أرتفع معدل المقياس إلى ٧٠ زاد شعور الإنسان بعدم الراحة، أما إذا بلغ المعدل ٧٩ فأن الجو يكون غير محتمل. هذا ويمكن أن نقرر هنا أن أنسب درجة للحرارة يمكن للإنسان أن يتحملها دون تعب هى ٣٧ درجة مئوية (٩٨,٦ْ) والتى تمثل درجة الحرارة العادية لجسم الانسان، أما أنسب قيمة للرطوبة النسبية فهى ما كانت تتراوح بين ٣٠٪ و ٧٠٪.

وفى بيئة دلتا النيل، تؤثر درجة الحرارة والرطوبة النسبية على النشاط البشرى بها، كما تعطى ميزة التوطن، فلقد لوحظ أن المتوسط السنوى لدرجة الحرارة، فى منطقة دلتا النيل، لا يختلف كثيراً من جهة لأخرى، كما أن متوسط حرارة فصل الشتاء معتدل للغاية أما فى فصل الصيف فأنه هذا المتوسط يزداد كلما اتجهنا جنوباً، ويتضح هذا كثيراً بالنسبة لمتوسط النهاية العظمى للحرارة حيث يبلغ الفرق بين الجهات الشمالية (الاسكندرية) والجنوبية (القاهرة) ٦° مئوية، وهذه المتوسطات جميعها يمكن للإنسان أن يتحملها. ولكن قد تدعو الضرورة إلى التعود على القيظ مع بداية فصل الربيع لتوقف نشاط غدد الإفراز خلال فصل الشتاء، حينما يأتى أولى يوم شديد الحرارة فى الربيع يكون التألم منه أشد من الأيام المماثلة خلال بقية الفصل حيث تكون هذه الغدد قد بدأت نشاطها.

أما بالنسبة للرطوبة النسبية فقد لوحظ أنها تزداد بصفه خاصة فى مدن الساحل فى فصل الصيف فصل الحرارة الشديدة، ولا سيما فى شهرى يوليو وأغسطس حيث تبلغ أقصاها فيها (٦١٪ فى الإسكندرية و ٧٣٪ فى بورسعيد). والواقع أنه لولا حركة الهواء المستمرة التى تلطف من أثر كل من تطرف الرطوبة والحرارة لأصبح الجو فى هذه الجهات غير محتمل.

ولو حاولنا أن نطبق مقياس Thom المذكور على بعض محطات منطقة دلتا النيل، لمعرفة مدى تأثر الإنسان فيها بالعنصرين السابقين، فأنه سيعطينا النتائج الآتية:

الاسكندرية	٦٧,٢
دمنهور	٦٦,١
طنطا	٦٦,١
الزقازيق	٦٤.٧
القاهرة	٦٧,٦

من الأرقام المذكورة يتضح لنا أن معدل المقياس ينخفض عن ٧٠ فى كل جهات الدلتا تقريباً مما يوحى بأن الجو فيها يمكن احتماله، إذا لا يشعر الإنسان هنا بأدنى تعب أو مضايقة.

ثانياً: المناخ وصحة الإنسان

عرف الإنسان من قديم الأزل تأثير العناصر الجوية على صحته، وكان ينتقل باحثا عن الهواء العليل والشمس الدافئة والسماء الصافية والشواطئ الهادئة. وكان الارتباط بين تعاقب الصحة والمرض وتغير الظروف الجوية شغله الشاغل فى كل الأزمنة. فقد أورد

الطبيب اليونانى هيبو قراط Hippocrate (٤٦٠ - ٣٧٧ ق.م) فى كتابه (الهواء والماء والامكنة) كثيراً من الأمور المتعلقة بتأثير ظواهر الجو على صحة الإنسان. وعالج أطباء العصور الوسطى مرضاهم باختيارهم أماكن وفصول معينه ذات ظروف جوية محددة بحيث تخفف من آلامهم وتعجل فى شفائهم. وعلى الرغم من التقدم العلمى والتطور التكنولوجى الذى اتسم به النصف الثانى من القرن العشرين الماضى، إلا أن موضوع علاقة الصحة بالظروف الجوية لم يلق اهتماماً كافياً من البحث والدراسة، ويعزى ذلك الى اكتشافات العالمين الكبيرين باستور، ومندل فى القرن التاسع عشر، حيث كشف باستور عن وجود الجراثيم، وحدد مندل دور الوراثة الطبيعية، وهذا ما قلل من أهمية دور البيئة الطبيعية فى تأثيرها على صحة الإنسان، على الرغم من أن الكثير من الأمراض قد تكون بسبب ظروف جوية معينة. ولقد ثبت مؤخراً وجود ارتباطات كبيرة بين أنواع المناخ وانتشار أمواض معينة.

وللمناخ تأثير مزدوج على الإنسان، فله تأثير فيسيولوجى، كما أن له تأثيراً نفسياً، وهذه التأثيرات قد تكون مباشرة فى حالة تعرض الإنسان لموجة برد شديدة وهو فى العراء، أو غير مباشرة عن طريق الميكروبات والحشرات. ولقد دلت الاحصاءات العالمية الى وجود صلة وثيقة بين عدد الوفيات وحالة الجو، حيث تكثر الوفيات فى الأيام التى تهب فيها الرياح بسرعة عالية. وأكثر الظواهر الجوية تأثيراً على صحة الإنسان، هى؛ انخفاض الضغط الجوى الذى يصاحب بحرارة مرتفعة وسقوط الأمطار، وكذلك رطوبة جوية عالية، وحدوث عواصف هوائية. ويبرز تأثير الجو واضحاً أكثر فى حالة الاشخاص المصابين بأمراض قلبية حيث تزداد نسبة الوفيات بينهم.

ويتباين تأثير العناصر المناخية على صحة الإنسان، ويبدو ذلك واضحا من العرض التالى لتأثير هذه العناصر

الاشعاع

يتولد عن زيادة فى كمية الاشعة فوق البنفسجية التى يتعرض لها جسم الإنسان، كما يحدث عادة فى الجبال المرتفعة، ضربة شمس شديدة وتشقق فى الجلد أو حدوث بقع عليه. ويعتقد أن بعض أنواع السرطانات الجلدية الخفيفة تصيب الأشخاص ذوى البشرة البضاء الذين يقطنون مرتفعات المناطق الحارة. كما أن المستوطن الأبيض فى تلك المناطق يجد صعوبة فى شفائه من الأمراض الجلدية التى تصيبه نتيجة لشدة العرق. وسواء كان هناك زيادة فى الأشعة فوق البنفسجية أم لا، فأن الاشعاع الشمسى الشديد بسبب ضربة الشمس. ومن الملاحظ أن كثرة أشعة الشمس وشدتها فى المناطق الحارة تساعد على زيادة سرعة نمو بعض الغدد فى جسم الإنسان مما يؤدى إلى انخفاض سن البلوغ فى المناطق الحارة إلى حدود سن الثانية عشرة، لكنه يقارب فى مناطق المناخ

المعتدل سن الخامسة عشرة، وفى المناطق الباردة يصل حتى سن الثامنة عشرة تقريباً.

الحـــرارة

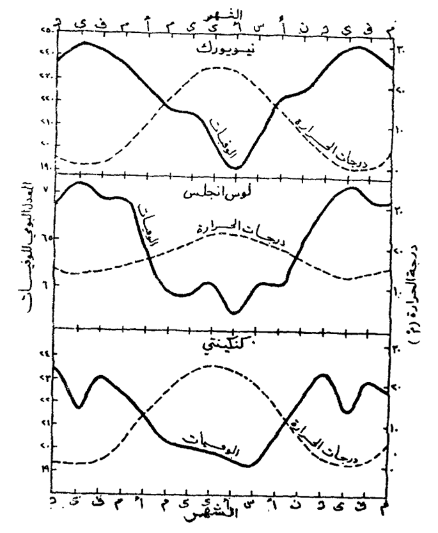
يمكن ربط تركز حدوث بعض الأمراض فى فصل من السنة دون غيره بالظروف الجوية السائدة. فعلى سبيل المثال يكثير حدوث أمراض الحمى الحمراء والدفتيريا فى سويسرا فى فصل الشتاء بوجه خاص، بينما أمراض الحصبة، والأنفلونزا، والجدرى تكون أكثر حدوثاً فى فصل الربيع. بينما تحدث أمراض القلب والجهاز التنفسى فى أواخر الشتاء وأوائل الربيع فى انجلترا واستراليا. ويؤكد العلماء انخفاض ضغط الدم فى الأيام الدافئة عند المرضى الذين يعانون من فرط التوتر الشريانى. وتزداد الآلام المفصلية عند المرضى بالروماتيزم فى الليالى الباردة، كما تكثر اصابات الكليتين وجهاز التنفس. وتسوء أحوال المرضى المصابين بالربو وتعتريهم نوبات شديدة من ضيق التنفس عند الانخفاض المفاجئ فى درجة حرارة الجو.

ومما لاريب فيه أن هناك أشخاصاً لهم القدرة على تحمل تطرفات حرارية شديدة. فقاطنى المناطق المرتفعة الحرارة لهم طاقة كبيرة على تحمل الحرارة المفرطة فى الزيادة، كما يستطيع سكان الصحارى الحارة السير حفاة على الرمال التى تتعدى حرارتها ٧٠°م، فى حين نجد أن قاطن المناطق المعتدلة الباردة يجد آلاما فى السير فى نفس الظروف. كما أننا نجد أن قاطنى المناطق الشديدة البرودة فى العالم بإمكانهم السير حفاة على الثلج لبضع ساعات دون أن يشعروا بعدم الراحة. ويعد سكان جبال الانديز من ذوى المقاومة الشديدة للبرد، ذلك أن أقدامهم مزودة بأوعية دموية شعرية تدور خلالها الحرارة فى القدم بسرعة. كما ظهرت قدرة صيادى السمك فى اقليم جاسيه Gaspe فى شرقى كندا على التكيف بسرعة مع الأحوال الباردة. وفى الحالات الشديدة البرودة، فان إصابة الصقيع للاطراف يكون أمراً عادياً. إلا أن أسوأ آثار البرد هى ما يصيب الرئتين خاصة فى الأراضى المرتفعة، حيث يعرف الفصل البارد بإسم حصاد الموت.

وإذا ما تلازمت درجات الحرارة المرتفعة مع رطوبة جوية عالية، فأن هذا سيترتب عليه ظهور طفح على الجلد، هذا الطفح يتطلب المصاب به لكى يتم شفائه منه أن ينقل ولو لفترة قصيرة الى بيئة صحية أكثر. ويكثر حدوث ضربة الشمس فى حالة الجو الأكثر جفافاً، إذ إن الاصابة بضربة الشمس يزداد عندما تزيد درجة الحرارة عن ٤٨°م، وضغط بخار الماء يكون فى حدود ١.١ ملم. وفى المناطق البحرية حيث الرطوبة المرتفعة، وفى حالة الشتاء البارد، فأن أمراضاً معينة تظهر، مثل أمراض الروماتيزم والتهاب المفاصل. وتزداد الاصابة بأمراض الرئة فى حالة مصاحبة البرد الشديد بالرطوبة المرتفعة. وينجم عن البرد الشديد والملابس المبللة حدوث آلام مزعجة، حيث تتشقق الأقدام عندما يكون الحذاء مبللا، وقد يتعرض الإنسان للموت إذا ما كانت الملابس مشربة بالماء. أما إذا كان

الجو حاراً والرطوبة الجوية منخفضة كما يحدث فى المرتفعات المدارية، فأن هذا يؤدى الى تشقق الجلد وخاصة الشفتين، كما يمكن أن يحدث نزيف حاد من الأنف.

ولما كان هناك العديد من الأمراض تنتقل عن طريق الحشرات التى يرتبط تكاثرها وتطورها بالظروف المناخية. فالبعوض على سبيل المثال يسبب مرض الملاريا، ويكثر هذا البعوض فى الأجواء الحارة والمستنقعية، ويتطلب تكاثره وجود درجات حرارة لا تقل عن ١٥ ْم، وامطار سنوية تزيد عن ١٠٠٠ ملم يمكنها أن تخلق بيئة راكدة من الماء يحتاج إليها البعوض لتكاثره ووجوده. كما أن الحمى الصفراء Yellow fever والتى يقوم بنقلها البعوض لا يمكن أن توجد فى درجات حرارة تقل عن ٢٠ ْم. ولعدد الوفيات علاقة بتغيرات درجات الحرارة، وهذا ما توضحه منحنيات درجات الحرارة السنوية والوفيات فى ثلاث مدن أمريكية (شكل رقم: ٧-٦).



(شكل رقم: ٧-٦) العلاقة بين عدد الوفيات ودرجات الحرارة في ثلاث مدن في الولايات المتحدة الأمريكية

الضغط الجوي

تتمثل المؤثرات التى تنتج عن الضغط الجوى فى المناطق المرتفعة، حيث تقل كثافة الهواء ويزداد تخلخله ولذا ينخفض الضغط الجوى، ويستحيل على الإنسان العيش بصورة دائمة فى المناطق التى يزيد ارتفاعها عن ٥٢٠٠ متر . ولقد دلت التجارب التى تمت فى كثير من الجهات الجبلية على خطورة الحياة فى المناطق التى يزيد ارتفاعها عن ٥٠٠٠ متر، وتوصلت الى نتائج هامة تستوجب على العمال القادمين من أراضى منخفضة ويعملون فى مناجم على ارتفاع ٥٨٠٠ متر أن ينتقلوا يومياً الى المناطق المنخفضة، لأن النقص فى الأوكسجين فى تلك الارتفعات لا يمكن أن يعوض بالاقلمة، بينما فى مقدور العمال القادمين من جهات مرتفعة (٥١٠٠متر) من البقاء لمدة أسبوع دفعة واحدة، والآثار الفسيولوجية الناجمة عن انخفاض الضغط الجوى مع الارتفاع، تتمثل فى؛ الصداع، والغثيان، والأرق، والضعف.

الريـــاح

هناك حكمة أطلقها طبيب القرن السادس عشر بارسيليوس هى «أن من كشف أسرار الرياح والعواصف والطقس عليه أن يكون أعرف الناس بأسباب الأمراض». ومنذ العصر الوسطى عرف الأوربيون رياح الجنوب أو رياح الفهن التى تهب على ايطاليا محملة بالهواء الرطب وتتجه نحو جبال الألب الشاهقة حيث تفقد رطوبتها بعد سقوط ما بها من بخار الماء، وتتابع سيرها على السفوح الشمالية على شكل رياح جافة ودافئة. وهذه الرياح هى التى وصفت بأنها تذيب الثلوج التى تتراكم فى فصل الشتاء، وعرفها اليونانيون والأغريق ببالعة الثلوج. ويصحب هبوب هذه الرياح الجنوبية انخفاض فى الضغط الجوى، كما تصاحب بأعرضا مرضية ظاهرية؛ كالقلق، والشعور بالحزن، والضيق، والارق، والأحلام المزعجة. وقد لاحظ الأطباء الألمان والنمساويون والنرويجيون ظهور علامات التهيج عند المصابين بأمراض عصبية وقلبية. كما أثبتت بعض الدراسات كثرة جرائم القتل وحوادث الانتحار فى هذه الآونة. وتؤدى التغيرات الجوية المصاحبة لرياح الفوهن الى اضطرابات صحية، حيث لوحظ فى جنوب أووروبا أن الأطفال الرضع هم أول من يتأثر بتلك الرياح اذ يزداد صراخهم فى الحدائق ودور الحضانة ولا ينقطع إلا بعد هدوئها. وفى المدارس يحصل الأطفال فى هذه الفترات على درجات متدنية فى دروسهم نتيجة لتهيجهم واهمالهم لواجباتهم المدرسية وأصابتهم بعدم الأكثرات. أما الاشخاص البالغون فتسبب رياح الفوهن ضعفا فى قواهم وازديادا فى تهيجهم، كما تؤدى الى أرق مزعج عند الكثير منهم. وتكون الاعراض واضحة عند المرضى المصابين بضيق فى الأوعية التاجية، والروماتيزم، وآلام الصداع النصفى (على موسى، ١٩٨٢).

أما الرياح الشمالية المعروفة باسم المسترال فأنها تؤدى الى ظهور الصداع والارق واحتداد الآلام العصبية، وتزداد عند هبوبها النزلات الوافدة، وتسوء حالة المصابين بأمراض رئوية. ومثل هذه الأعرواض تسببها رياح شمالية أخرى تعرف باسم ترامونتانو Tramontano التى تهب على شمال البحر المتوسط وعلى جنوبه. ولا يرتبط تأثير الرياح على صحة الإنسان بسرعة هبوبها أو اتجاهها فحسب، وإنما بالدرجة الأولى على ما تحدثه من تغيرات مفاجئة فى الضغط الجوى والحرارة والرطوبة.

المنخفضات الجوية

تؤدى ظواهر الطقس المتغيرة أثناء مرور المنخفضات الجوية بجبهاتها المختلفة الحارة والباردة، وبقطاعاتها الهوائية المتنوعة من حارة وباردة الى تأثيرات على صحة الإنسان وقد لفت ذلك الانتباه من قديم الأزل، فقد تحدث هيبو قراط عن الآلام التى تصاحب تقلبات الطقس مع المنخفضات الجوية، كما جاء فى العصور الوسطى ذكر للأعراض المرضية التى تسببها تقلبات الطقس فى القوانين والتشريعات. فتؤدى تغيرات الطقس الشديدة الى اضطراب العمليات الحيوية فى الجسم، فتتغير مثلا خصائص الدم الغريزيه، ويزداد تخثره قبيل مرور الجبهة الهوائية الباردة، وتشتد عملية انحلال الخثرات الدموية بعد مرور الجبهة الهوائية الباردة. كما وتتغير وظائف الكليتين والغدد الصماء واحتواء الدم على السكر والكالسيوم والفوسفات والصوديوم والمغنيسيوم خلال تحرك الكتل الهوائية.

الظواهر الجوية الكهربائية

يحتوى الجو على مجالات كهربائية قوية. ففى الأحوال العادية تكون الأرض ذات شحنة كهربائية إيجابية وقواعد السحب ذات شحنة كهربائية سالبة، ويقدر فرق الجهد الكهربائى الوسطى فى الجو بمائة فولت فى المتر المربع الواحد، وتزداد قيمة الفرق هذا الى أكثر من ألف فولت/م٢ فى حالة حدوث العواصف والاعاصير، اذ ترتبط تغيرات التوتر الكهربائى بالظواهر الطبيعية الجوية المختلفة. وتمثل الصواعق اندفاع قوى للشحنات السالبة فى أسفل السحب نحو الشحنات الموجبة عند سطح الأرض، مما يؤدى ذلك إلى توليد تيار كهربائى له وهيج هائل، ولهذه التفريغات الكهربائية آثار كبيرة على الصحة (على موسى، ١٩٨٢).

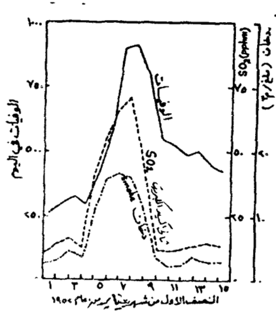
ويعزى علماء الحياة التأثيرات الكهربائية الجوية على جسم الإنسان إلى زيادة دخول الشحنات الكهربائية إلى جسم الإنسان ومشاركتها فى عمليات الأيض التى تحدث فى الجسم. والجدير بالذكر أن لكل من الشحنات السالبة والموجبة تأثيراتها الخاصة، فالشحنات الإيجابية تظهر تأثيراً سيئا على صحة الإنسان وتؤدى زيادتها فى الجو الى

الشعور بالضيق والقلق. وجاءت التجارب التى أجريت فى الولايات المتحدة لتؤكد التأثير السئ للشحنات الموجبة فى الجو على صحة الإنسان، فلقد تم الطلب من بعض الأشخاص أن يتنفسوا خلال عشرين دقيقة هواء يحتوى على ٣٢ مليون شحنة فى السنتيمتر المكعب الواحد، وقد ظهر من خلال ذلك صداع شديد وضيق فى التنفس عند هؤلاء الأشخاص، بجانب أعراض تخريش مخاطيات الفم والبلعوم والأصابة ببحة فى الصوت. واستطلاع العلماء أن يبرهنوا على وجود صلة وثيقة بين زيادة نسبة الشحنات الموجبة فى الجو وكثرة النوبات عند المصابين بأمراض قلبية، وزيادة الاختلاطات فى العمليات الجراحية، واقترحوا لتفادى هذه الأخطار استخدام جهاز اشعاعى خاص يسمح بخفض نسبة الشحنات الموجبة فى غرف المرضى وغرف العمليت، ولهذا السبب فإن المستشفيات تخصص الطوابق العليا (الطابق الثالث أو الرابع) بعيدا عن سطح الأرض الملئ بالشحنات الموجبة. والى جانب الشحنات الكهربية السالبة والموجبة فان الجو يحتوى على موجات كهرومغناطيسية ولقد دلت الأبحاث على أن هذه الموجات تسبب الضجر والضيق عند الناس وتصيبهم بالصداع والضعف وتجعلهم يشعرون بضيق فى الصدر. وتظهر الموجات الكهرومغناطيسية. حسب تقلبات الطقس، فهى تسجل بكثرة قبل هبوب العواصف، وتكثر فى الربيع وتقل فى الشتاء، وتصاحب دوما انتقال الكتل الهوائية الحارة.

الضباب والملوثات الجوية

تبرز أهمية الضباب وآثاره الضارة من خلال الجسيمات الدقيقة التى تكون مجالات رحبا لتجمع جزئيات الماء وتشكل الضباب، وهذا ما جعل الضباب يكثر فى المدينة مقارنة بالريف. وقد يكون الضباب الملئ بالملوثات الجوية القادمة من مصادر متنوعة من سطح الأرض احدى الظواهر الجوية القاتلة. ففى شهر أكتوبر من عام ١٩٣٠ تشكل ضباب كثيف فى وادى ماس بالقرب من مدينة لياج Liege البلجيكية وكان هذا الضباب مليئا بالغبار وبجزئيات غازية مختلفة سببت تلوث الجو لمدة خمسة أيام كاملة، كان من ضحايا هذا الضباب قرابة ٦٣ شخصاً، وعدد أكبر بعدة مرات من الاشخاص الذين شعروا بسوء حالتهم الصحية لفترات طويلة بعد انقشاع الضباب. وقد حدثت مثل هذه الظاهرة فى بلدة دونورا الامريكية القريبة من مدينة بنسبرج عام ١٩٤٨. ومع ذلك فأن حادثتى لياج ودونورا لا يمكن مقارنتهما بما حل فى مدينة لندن عام ١٩٥٢. ففى صباح الخامس من شهر يناير من عام ١٩٥٢ شهد سكان مدينة لندن غياب الشمس غيابا كاملاً عن سماء العاصمة البريطانية، فقد كانت تحجبها عنهم طبقة دخانية ضبابية كثيفة لم يعهد أن شاهدوها من قبل، وقد استمرت هذه الظاهرة لمدة أربعة أيام، لاقى أكثر من أربعة آلاف شخص حتفهم خلالها (شكل رقم : ٨-٦). والضباب فى حد ذاته ليس خطراً على الانسان، ولكن يصبح

خطراً إذا كان يحتوى على شوائب كثيرة؛ ففى حادثة وادى ماس كان الهواء مشبعاً بالشوائب المعدنية التى تطلقها المصانع الكبيرة كمصانع الحديد والزنك والزجاج فى الجو. وهذا ما حدث فى صباح الخامس من يناير عام ١٩٥٢ عند تشكل ضغط جوى مرتفع فى الأجزاء الجنوبية من بريطانيا مستمراً بضعة أيام لم يشعر الناس خلالها بحركة الهواء، إذا كان الجو هادئا، وكان هذا الوضع الجوى يسود فى معظم الأراضى البريطانية، إلا أن الكارثة حلت فى لندن وحدها، وقد رجع ذلك إلى التلوث الشديد الموجود فى أجواء العاصمة البريطانية، حيث قدر الاخصائيون أن الضباب الكثيف فوق لند كان يحتوى عام ١٩٥٢ على عدة أطنان من الدخان ومركبات المواد الكبريتية .



(شكل رقم: ٨-٦)؛ تأثير الملوثات الجوية على الوفيات في لند خلال شهر يناير عام ١٩٥٢

وإذا كان الارتباط واضحا بين الصحة والمرض والطقس، فإن الارتباط يكون واضحاً أيضا بين الصحة والمرض والنشاط الاقتصادى. وتبدو تلك الارتباط أشد وضوحاً إذا أخذنا فى الحسبان بعض المصادر البشرية والطبيعية التى تدخل فى تكوين الجو القريب من سطح الأرض والتى تترك تأثيراتها على الصحة وآثارا واضحة على النشاط الاقتصادى. ويعد التلوث من الموضوعات ذات الأهمية فى كافة أنحاء العالم، خاصة بعدما تأكد ارتباط الكثير من الأمراض بالملوثات الجوية، كما فى؛ أمراض الالتهابات الشعبية وأمراض سرطان الرئة، وأقل من ذلك أمراض أوعية القلب. ولقد قدر لافى وسكين Lave and Seskin عام ١٩٧٠ التكلفة السنوية للأمراض التنفسية فى الولايات المتحدة فكانت قرابة ٥٠٠٠ مليون دولار (على موسى، ١٩٨٢).

وتعتمد النتائج الفسيولوجية للتلوث على شدة تركيز الملوثات ومدة التعرض لها والجرعة منها التى يستنشقها الإنسان. والتأثير الأولى للملوثات، يتمثل فى الملوثات الكيمياضوئية التى تسبب حرقة أو لسعة فى العيون بفعل تأثير الغاز اللاسع أو الحارق المعرف باسم بيروكسياستيلنيترات Peroxyacetyinitrate والذى يتشكل من التفاعلات بين الهيدروكربونات وأكاسيد النتروجين والأوكسجين الجوى تحت تأثير ضوء الشمس. أما الأوزن الذى ينتج من تلك التفاعلات فأنه يؤذى أنسجة الرئة ويزيد من معدلات الوفيات. حيث يسبب تورمات فى أوعية الرئة. ومن الممكن أن يؤدى ثانى أوكسيد الكبريت إلى تعفن المجرى التنفسى الأدنى، خاصة بين الأشخاص المتقدمين فى السن، والأطفال الصغار.

المناخ وصحة الإنسان فى بيئة دلتا النيل

ذكرنا سلفا أنه ينتج عن تغيرات الجو وتطرفه كثيراً من التأثيرات على صحة الإنسان، منها بعض الأمراض التى تحدث من التأثيرات المباشرة للظروف الجوية على الجسم، وتعد درجة الحرارة المتطرفة وزيادة نسبة الرطوبة من الأسباب التى تؤدى إلى ظهور أعراض مرضية كثيرة.

ولقد أكدت الأبحاث الطبية الحديثة، أن الجو وتقلباته فى دلتا النيل ليس مسئولاً عن ظهور أمراض البرد والالتهابات والنزلات الشعبية والانفلونزا بأنواعها، على أن ظهور موجات دفء غير عادية فى فصل الشتاء تؤدى عادة إلى انتشار مثل هذه الأمراض، والسبب فى ذلك يرجع إلى أن الكثير من الناس يخففون من الملابس الصوفية للدفء غير المعهود ولا يلحظون سرعة عودة درجة الحرارة العادية فى مثل هذا الوقت (٢١° م نهاراً و ٧° ليلا). ولكن استمرار البرد وانخفاض درجة الحرارة واضطرار الناس إلى البقاء مددا كبيرة داخل غرف وأماكن مغلقة تزيد فيها نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون أحد نواتج التنفس الانسانى، يؤدى إلى احتمال الأصابة بنزيف دوالى المرئ صيفاً، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فأن ارتفاع درجة الحرارة صيفاً يؤدى إلى زيادة تركيز البول والدم، وبالتالى ارتفاع نسبة الاصابة بحصوات الكلى والمثانة والحالب واحتمالات الجلطة الدموية[١].

وينبغى أن ندرك أنه بجانب الصلة الواضحة بين أشعة الشمس ودرجة حرارة الهواء، فأن ضوء الشمس تنتج عنه تأثيرات عديدة، ومفيدة على جسم الانسان، ومن هنا كان القول

---

(١) من المعروف عن مناخ دلتا النيل، أن فصل الشتاء قد يتميز بظهور موجات حارة، ترتفع فيها درجة الحرارة عن معدلها الفصلى، منها مثلاً موجة ٢٢ يناير سنة ١٩٤٨ (٣٠.٢° ملوية) وموجه يناير ١٩٧١ (٢٨° ملوية).

المأثور «البيت الذى تدخله الشمس لا يدخله الطبيب» فقد ثبت أن الأشعة تحت الحمراء Infrard Rays التى يمتصها الجسم أو الملابس تتحول إلى حرارة، ولهذا فأنها تعوض كثيراً البرودة الشديدة للهواء، أما الجزء المرئى للأشعة (الضوء) فأنه يؤثر كثيراً على العيون، فزيادته تسبب فقدانا مؤقتاً للبصر بسبب أظلام عدسة العين Cataret وظهور نوع من الصداع المقلق للراحة الذى لا تعرفه المناطق غير المداريه الشديدة الحرارة. وأبرز ما تمتاز به أشعة الشمس هى الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Rays التى لها من المقدرة على تكوين فيتامين (د) فى الجلد، كما أنها تضعف من نمو البكتريا والجراثيم الفطرية السبحية، أما وجه الخطر لهذه الأشعة فيكمن فى أنه قد يتسبب عنها فى بعض الأحيان التهاب الجلد. وقد دلت التجارب أن قوة لفح الشمس فى مصر عموماً، من شدة تأثير الأشعة فوق البنفسجية، فى فصل الصيف تعادل مثيلتها فى الشتاء ١٥ مرة، وهذا مما يهيج الجلد فتظهر عليه البثور المعروفة باسم «حمو النيل» الذى يظهر على شكل وباء فى الصيف، كما أن المصطافين على الساحل يصابون بأمراض جلدية شديدة عند تعرض أجسامهم لأشعة الشمس مدة طويلة، وبطبيعة الحال فأن الأماكن التى يقصدها الباحثون عن الصحة دائماً توجد فى الأجواء المشمسة وخاصة فى فصل الشتاء. وبيئة دلتا النيل، من هذه الأماكن إذ لا تغطى سماؤها السحب وتحجب عنها أشعة الشمس الا فى ظروف خاصة ولفترات قصيرة.

ورياح الخماسين، بما تتميز به من زيادة إرتفاع درجة حرارة الهواء وشدة جفافه، تؤدى إلى، وتساعد على، تقشف الجلد وتشققه وخاصة الأجزاء المعرضه منه للجو مباشرة كالوجه واليدين. وفى نفس الوقت فأنها تمنع بما تحمله من رمال وغبار التئام الجروح، بل وأكثر من ذلك تزيد من مضاعفتها وأضرارها.

كما وأن ظاهرة الضباب الصباحى الذى يتكون فوق أرض دلتا النيل فى شهور الشتاء، نتيجة أستقرار الجوب بسبب إرتفاع درجة الحرارة بشكل غير عادى، تتحول إلى ظاهرة العجاج، وهى الرمال الدقيقة المعلقة فى الهواء، التى تجعل من حركة التنفس غير مريحة.

وإذا كانت هذه صور التأثيرات المباشرة للعوامل الجوية على صحة الإنسان، فأن هناك جانباً آخر من التأثير غير المباشر يتمثل فى إختيار كمية ونوع الطعام الذى تتأثر به فسيولوجية الجسم مباشرة، ويتوقف ذلك على درجة الحرارة. فتحت الظروف الجوية الباردة يحتاج الجسم إلى كمية كبيرة من الطعام ترتفع با نسبة الدهون والكربوهيدرات

وكذلك الفيتامينات والمعادن الضرورية، التى تعطى الجسم سعرات حرارية عالية تمكنه من مقاومة البرودة، ليحافظ على حرارته. أما المتطلبات الغذائية فى المناخات المدارية الحارة فتختلف عن مثيلتها فى العروض الوسطى، وبصفة خاصة فى زيادة كمية الملح فى الطعام والماء وبعض الفيتامينات.

والواقع أن نقص السعرات الحرارية لجسم الإنسان وقلة الفيتامينات والمعادن به تعرضه لأمراض سوء التغذية.

ومن الملاحظ أن اعتدال المناخ فى دلتا النيل كان له أكبر الأثر فى تحديد نوعية غذاء سكانها وكميته، هذا ولا يخفى علينا ما لمستوى المعيشة والموارد المتاحة من أثر فى ذلك. فالسواد الأعظم من سكان الدلتا يكاد يكون نباتياً رغم ارادته، تبعاً لعدم حاجته إلى وجود كميات كبيرة من الدهون والبروتينات فى غذائه، وعلى ذلك فهو من أكلة الخبز أساساً. ولعل الشمس المشرقة، لفترات طويلة من السنة وحدها هى غذاؤه الحقيقى وعلاجه الأول من سوء التغذية.

المناخ والأمراض في بيئة دلتا النيل

تلعب كثير من العوامل مثل النظافة والتغذية والعلاقات الاجتماعية دوراً فى تحديد أسباب الأمراض وانتشارها. ويعد المناخ عاملاً آخر له أهميته فى هذا الشأن، ولعل أبسط مظهر وانعكاس لتأثيره على الأمراض يتمثل فى ظاهرتين أساسيتين هما: (أولا) العلاقة بين العوامل الجوية والعائل المضيف للأمراض، حيث تبين أن التغير المفاجئ فى حالة الجو هو السبب الرئيسى لاضطراب أجهزة وأعضاء الجسم وخصوصاً الكبد والكلى والمعدة. و(ثانيا) التأثيرات المناخية على المناعة الطبيعية للجسم. ولقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك أنه ليس أوثق من العلاقة التى تربط بين تغيرات الجو وخاصة بالنسبة لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة، وكثير من الأمراض العضوية منها والنفسية.

وقد أجريت أبحاث طبية كثيرة فى أنحاء عديدة من العالم عن علاقة الجو بالأمراض من بينها البحث الذى قرر فيه «سولكوترزومب»[1]: أن الشهر الذى يولد فيه المرء خلاله، قد تكون له صلة بالأمراض التى يمكن أن يتعرض لها فى المستقبل. فلقد اتضح من الاحصاءات أن كثيراً من المصابين بمرض انفصام الشخصية (فى الولايات المتحدة الأمريكية وأوربا) من مواليد يناير وفبراير ومارس ويمكن العثور على سبب ذلك خلال السنة الأولى قبل الولادة. وبمعنى آخر خلال أشهر الصيف الحارة، ففى الشهر

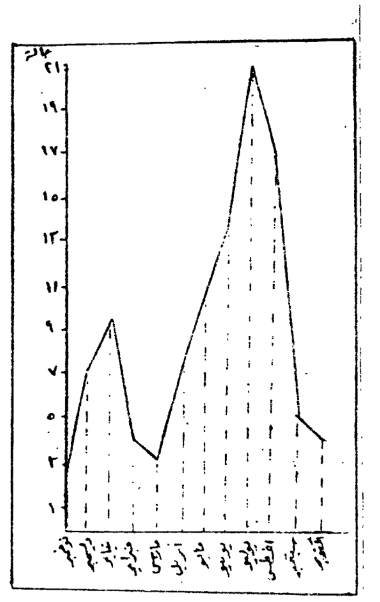
(١) عالم هولندى، مدير معهد لايدن الهولندى المتخصص فى دراسة تأثير الجو على الإنسان والحيوانات والنباتات، الأهرام ٣ مايو ١٩٧٠، ص ١.

الثالث بعد بدء الحمل تبدأ المرحلة التى يتحدد فيها غلاف الجنين. والأرجح أن ارتفاع ارتفاع درجة الحرارة خلال تلك الشهور، وقلة استهلاك البروتين، فى مقدمة الأسباب التى تؤدى إلى حدوث خلل فى ذلك الغلاف. وقد أوضح هذا البحث أيضاً: أن أكثر المصابين بالسرطان (فى نصف الكرة الشمالى) يكونون من مواليد ديسمبر ويناير وفبراير ومارس، وأن الأصابة فى تلك المنطقة بهذا المرض تكون أقل بمراحل بين مواليد شهرى يونيو ويوليو.

وفى مصر، أجريت أبحاث هامة عن الصلة بين المناخ والأمراض، منها بحث عن العلاقة بين الجو ونزيف دوالئ المرئ والأمعاء،[1]. وقد أجرى هذا البحث على ١٠٠ مريض ٩٠٪ منهم من دلتا النيل، وبصفة خاصة من المنصورة وطنطا، وأنتهى إلى أن منحنى النزيف كان يزداد ابتداء من نهاية شهر مارس حتى يصل إلى القمة فى شهرى يوليو وأغسطس ثم يبدأ فى الهبوط والعودة إلى معدله العادى (أنظر شكل رقم ٩-٦)، وكان متوسط كمية النزيف فى كل مرة ولكن حالة حوالى ١/٢ لتر من الدم، وأن ٦٠٪ من الحالات كانت تحتاج إلى عمليات نقل الدم. وتبين أن إرتفاع درجة الحرارة فى شهور مايو ويوليو وأغسطس إى ٣١,٥° و ٣٣,٥° و ٣٥° مئوية، على الترتيب، أدى إلى زيادة حالات النزيف من ٧ حالات فى شهر أبريل إلى ١٠ فى شهر مايو، و ١٣ فى يونيو، و٢٠ فى يوليو، و١٦ فى أغسطس. ويتبين من ذلك أن فترة النزيف تعظم فى شهرى يوليو وأغسطس (٣٦٪ من الحالات). ولقد أوضح البحث كذلك أسباب ارتفاع نسبة الأصابة بالنزيف تبعاً لتغير درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وحددتها بفترتين. **الأولى:** من أواخر ديسمبر إلى فبراير وهى فترة الإنخفاض الشديد فى درجة الحرارة التى تؤدى عادة إلى كثرة الإستقرار والبقاء داخل الأماكن المغلقة التى تحتوى على نسبة كبيرة من ثانى أكسيد الكربون الذى يساعد على ضعف جدران الأوردة الدموية مما يؤدى إلى الضغط على الوريد البابى، وهو أصلا مرتفع بالنسبة لمرضى دوالى المرئ والتليف الكبدى وتكون النتيجة استمرار النزيف طول مدة بقاء نسبة ثانى أكسيد الكربون مرتفعة. إلا أن نسبة الأصابة فى هذه الفترة أقل بكثير من فترة الصيف الحارة. والفترة **الثانية:** وتنحصر فترة الخطر هذه فى شهرى يوليو وأغسطس حيث الحرارة المرتفعة والرطوبة الزائدة التى تؤدى إلى زيادة كمية وتركيز الدم فى الجسم وانقباض الضحال مما يتسبب عنه زيادة كمية الدم فى الوريد الدموى البابى وبالتالى فى دوالى المرئ وتكون المحصلة النهائية نزيفا جديداً ومستمراً.

---

(١) عالم هولندى، مدير معهد لايدن الهولندى المتخصص فى درساة تأثير الجو على الإنسان والحيوانات والنباتات، الأهرام ٣ مايو ١٩٧٠، ص ١.



(شكل رقم: ٩-٦): عدد حالات النزيف من دوالي المرئ في شهور السنة (الأهرام ١٩٧٩/٥/٦)

ولقد تبين أيضا أن أنواع النزيف المختلفة وليست المتعلقة فقط بدوالى المرئ والأمعاء تتأثر أيضا بدرجة الحرارة، فالنزيف الدموى الداخلى عن طريق الفم أو الشرج، بسبب قرحات المعدة المزمنة وقرحات الأمعاء وتليف الكبد، ويتأثر كثيراً بدرجة حرارة الجو التى بعمل تغيرها على مضاعفة المرض وزيادة خطورته.

ولا ينعكس أثر تغير حالة الجو، فى دلتا النيل، وبصفة خاصة درجة الحرارة على اضطراب أعضاء الجسم، كما ينعكس على أجهزة الكلى والكبد والمعدة. فلقد ثبت أن هناك علاقة مؤكدة بين تغير درجة الحرارة وحصوات الكلى وتجلط الدم فى الأوردة، فحيث يشتد ارتفاع درجة الحرارة مع رياح الخماسين فى أيام الربيع والصيف الحارة، يزداد العرق وتنقص معه الأملاح فى الجسم ويؤدى هذا إلى سرعة تكوين حصوات الكلى

وجلطات الأوردة، كما ينقص الماء في الجسم أيضاً مما يعمل على زيادة تركيز الدم وتركيز البول. وكوسيلة للعلاج تستعمل أقراص ملح الطعام لمقاومة تأثير الجو الحار على تكوين الدم وصفاته، بالإضافة إلى الأكثار من شرب الماء. وفضلا عن ذلك يتأثر المخ وافرازات هرمونات الجسم بفترات الموجات الباردة أو الحارة التى تنتاب دلتا النيل فى شهور الشتاء والربيع، كما تزداد نسبة الأزمات القلبية والأزمات الصدرية والمخية فى هاتين الفترتين. وكذلك تكثر الأمراض الصدرية والحصبة والحمى القرمزية فى الفصلين السابقين ويعظم انتشارها بين سكان الدلتا عنها فى الصيف والخريف.

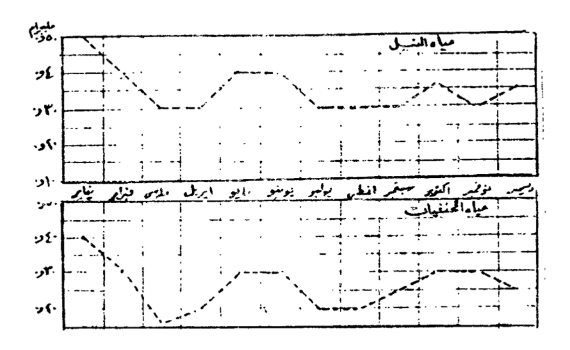
وتزيد الأمراض النفسية والعقلية فى الربيع وأوائل الصيف، وخاصة الأمراض العقلية مثل النكسات والانفصام والاكتئاب، ولقد تعددت أسباب ذلك فقيل أن تغيرات فسيولوجية وبيولوجية تحدث فى الجسم أثناء هذا التغير فى الفصول مما يثير الاستعداد الموجود عند الإنسان لهذه الأمراض. واذا كان إنخفاض درجة الحرارة مسئولا عن أخطار أمراض البرد والنزلات الشعبية فأن تزثيرات الجو الحار تكون أكثر ضرراً وخصوصاً على الوظائف الحيوية فى الجسم.

نصل من هذا كله، إلى أنه وأن كان التغير فى حالة الجو يعد عاملاً هاماً فى ظهور أعراض مرضية كثيرة، فأن لاعتدال الظروف المناخية فوائد عظيمة على مقاومة الأمراض والشفاء منها كالهواء المتجدد، وأشعة الشمس الساطعة ودرجات الحرارة المعتدلة ونسبة الرطوبة المناسبة ذات قيمة طبية وعلاجية كبيرة - فلقد عرف منذ القدم أن تجدد الهواء وجفافه له أثر فى علاج كثير من الأمراض مثل الدرن والربو، كما أن لين العظام وتسوس الأسنان وبعض الأمراض الجلدية يحتاج علاجها إلى التعرض لاشعة الشمس (فوق البنفسجية).

ومن الملاحظ فى هذا الصدد أنه نظراً لما تمتاز به منطقة دلتا النيل من اعتدال الأحوال الجوية وخصوصاً سطوع الشمس أغلب أيام السنة، مما كان له أكبر الأثر فى ضآلة نسبة الإصابة لكثير من الأمراض المعروفة عند سكانها. فمثلا مرض تسوس الأسنان، الذى ثبت أن نسبة الإصابة التى تقل بين قاطنى الدلتا بما يحصلون من فيتامين (د) الذى تساعد على تكوينه فى الجسم الأشعة فوق البنفسجية.

وفضلا عن ذلك فأن ارتفاع درجة الحرارة أحيانا إلى ٤٠ْ مئوية خلال أيام الصيف الطويلة تدفع الإنسان، فى الدلتا، إلى شرب كميات كبيرة من المياه تفوق معدلات الكيمية التى يشربها الامريكى مثلا وبالتالى فأن كمية الفلوريد، فى مصادر مياه الشرب ومن مياه النيل ومياه الصنابير تزداد تركيزها فى فترات الحرارة المرتفعة وبالتالى فأن هذه

الكمية التى يمتصها الجسم والإنسان تفوق بالضرورة تلك التى يحصل عليها الأمريكى (شكل رقم: ١٠-٦).



(شكل رقم: ١٠-٦):

نسبة الفلوريد بالمليجرام في كل لتر من المياه على مدار السنة

(الأهرام ١٩٧١/٥/٤)

الفصل السابع

المناخ وأنشطة الإنسان

مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل

المناخ وأنشطة الإنسان
مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل

أولاً: المناخ والنشاط الزراعي

تؤثر العوامل الطبيعية للبيئة الزراعية، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في حياة النبات وسلوكه. ويظهر هذا التأثير على هيئة إستجابات وظيفية (مثل النقص في نشاط التمثيل الضوئي) أو على هيئة إختلافات في النمو وتغيرات في التركيب. ونظرا لأن الأنواع النباتية تختلف إختلافا كبيرا في طبيعتها وفي درجة إستجابتها، فإن هناك عوامل معينة هي التي تعد البواعث المباشرة التي يستجيب لها النبات، أما العوامل الأخرى فإنها تؤثر في النبات عن طريق تأثيرها على هذه البواعث، أي بطريق غير مباشر.

وقد يتأثر النبات ببعض العوامل المباشرة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الأوكسجين والجاذبية الأرضية، إلا أنها ذات تأثير طفيف بالقياس للعوامل البيئية الأخرى التي يظهر تأثيرها بشكل واضح على النبات. ومن أمثلة العوامل الأخيرة نذكر: حرارة التربة، والهواء المحيط بالنبات، ونسبة الرطوبة في الجو، والضوء. وهذه العوامل على جانب كبير من الأهمية، لما لها من تأثير مباشر على الأطوار المختلفة لحياة النبات. وعلى الرغم من ذلك لم تلق دراسة هذه العوامل من وجهة نظر الإستخدام الزراعي إهتماما كثيرا من جانب المشتغلين بالعلوم الميتورولوجية والمناخية حتى عهد قريب للأسباب التي ذكرها ستامب(1948) D-Stamp، ونلخصها في النقاط الآتية:

١ - أن الأرصاد الأساسية في الدراسات المناخية توجه أساسا للدراسة البحته للمناخ، ولاتوجه لدراسة أثر المناخ في حياة النبات وسلوكه، ولهذا فإن الحقائق المهمة بالنسبة للميتورلوجى أو عالم المناخ قد لاتكون ذات قيمة بالنسبة للزراعيين، وبالمثل فإن كثيرا من الحقائق التي تهم الزراعيين لاتلقى الإهتمام الكافي من جانب الميتورولوجيين أو علماء المناخ.

٢ - قلة الإهتمام بدراسة الظروف المناخية للطبقة القريبة من سطح الأرض من الغلاف الغازى (المناخ التفصيلي Microclimatology، والحاجة إلى ارصاد مناخية توضح قيمة الظروف المحلية المؤثرة على الحياة الزراعية بالإقليم، ولم يزل الكثير مجهولا حول حقائق هذا الميدان، مثل أثر العوامل الجوية على مختلف أنواع الزراعات والمقننات المائية للأراضي.

وتختلف الأرصاد الجوية الزراعية عن الأرصاد الجوية العامة، حيث تدخل فى حسابها الإحتياجات الحرارية للنبات سواء للمجموع الجذرى (حرارة التربة) أو للمجموع الخضرى (حرارة السطح). كذلك تقاس كمية الرطوبة ونسبتها، كما تقاس سرعة الرياح على إرتفاعات مختلفة وقريبة من التربة إلى غير ذلك من قياسات العناصر المناخية الأخرى.

(١) درجة حرارة التربة:

تقاس درجة حرارة التربة فى حقول ثلاثة: حقل خال من الزراعات Dry Field وحقل مبتل (مروى) Wet Field وحقل الحشائش (به زراعات) Grass Field والأخير هو مايهمنا فى هذه الدراسة.

وتهتم محطات الأرصاد الجوية الزراعية بقياس درجة حرارة التربة على أعماق مختلفة، وذلك لتأثير هذه الحرارة على المجموع الجذرى للنبات فى اطواره المختلفة. بالإضافة إلى تأثيرها فى العمليات الحيوية والكيميائية والطبيعية التى تجرى فى التربة فهى تؤثر فى معدل امتصاص الماء والمواد الذائبة فيه، كما أنها تؤثر فى إنبات البذور وسرعة نمو الجذور وغير ذلك من الأجزاء الأرضية للنبات وبالتالى على الأجزاء الهوائية. وهى كذلك منشط قوى لجميع التفاعلات الكيميائية، كما إنها تؤثر فى جميع العمليات الطبيعية التى تحدث بالتربة كسرعة التبخر وإنتشار الغازات والأبخرة والأملاح الذائبة فمثلا تنقص سرعة النتح بالنسبة للنباتات التى يمتد مجموعها الجذرى فى تربة تنخفض درجة حرارتها على عكس النباتات التى تعيش جذورها فى درجات حرارة مرتفعة.

وتتأثر درجة حرارة التربة بمجموعة من العوامل الطبيعية والصناعية نجملها فيما يلى:

١ - الحرارة النوعية لمادة حبيبات التربة. فمن المعروف أن الحرارة النوعية للأراضى الطينية والصفراء أكبر من الحرارة النوعية للأراضى الرملية.

٢ - ماء التربة. وينحصر مدى تأثر التربة بهذا العامل بالشكل التالى:

أ - أثر الماء على الحرارة النوعية　　　جـ - أثر الرشح

ب - أثر تبخر الماء　　　د - أثر الصرف

٣ - المزروعات: حيث تعمل كغطاء يحجب أشعة الشمس وفى نفس الوقت يمنع تسرب درجة الحرارة مما يجعل مجال التغير فيها صغيراً.

٤ - درجة توصيل التربة للحرارة حسب مساحة سطوح التلامس الموجودة بين الحبيبات.

٥ - لون التربة حيث يؤثر فى امتصاص الحرارة، فكلما كانت التربة أفتح لوناً كلما قل امتصاصها.

٦ - أثر الرياح والسحب، حيث تخفض الأولى من درجة حرارة التربة المبتلة، كما تعمل الثانية على عدم تبديد الحرارة وبذلك تعد الليالى ذات السماء الملبدة بالسحب ليال دافئة.

٧ - تأثير زاوية سقوط الأشعة الشمسية حيث تختلف فى الشتاء عنها فى الصيف.

والجدول التالى (جدول رقم : ١٠ - ٧) يبين درجة حرارة التربة على أعماق مختلفة تنحصر بين ٥سم، ١١٠سم، وهى ما يعتقد أن المجموع الجذرى لمعظم النباتات (فى منطقة الدلتا) يمتد على أبعادها.

(جدول رقم ١٠ - ٧)

معدل درجات حرارة التربة لمحطات الأرصاد الزراعية في دلتا النيل

المحطة	العمق (سم)	فصل الربيع			فصل الصيف			فصل الخريف			فصل الشتاء		
		مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير
سخا	٦٠	١٨,٦	٢١,١	٢٤,١	٢٦,٧	٢٨,٨	٢٩,٧	٢٩,٠	٢٧,٢	٢٤,٢	٢٠,٤	١٧,٩	١٧,٤
	١١٠	١٨,٩	٢٠,٢	٢٢,٠	٢٥,٢	٢٧,٤	٢٨.٥	٢٨,٢	٢٦,٩	٢٤,٩	٢١,٧	١٨,٩	١٨,٤
إدفينا	٦٠	١٨,٤	٢١,٠	٢٥,١	٢٧,٧	٢٩,٥	٢٩,٦	٢٨,٩	٢٢,٧	٢٢,٢	١٨,٨	١٦,٠	[illegible]
	١١٠	١٩,٢	٢١,٢	٢٢,٧	٢٥.٩	٢٧,٧	٢٨,٧	٢٩,٠	٢٧,٥	٢٥,٤	٢٢,٤	١٩,٢	١٨,٢
الجميزة	١٠	١٩,٢	٢٢,٦	٢٧,٧	٢١,٥	٢٢,٨	٢٢,٤	٣٢,٠	٢٩,٠	٢٢,٩	١٧,٤	١٥,٢	١٧,٠
	٥٠	١٨,٢	٢١,٠	٢٤,٤	٢٧,٤	٢٩,٥	٣٠,٥	٣٦,٦	٢٧,٢	٢٢,٩	١٩,٠	١٦,٨	١٦,٧
	١٠٠	١٨,٦	٢٠,٤	٢٢,١	٢٥,٧	٢٧,٦	٢٨,٤	٢٨,٢	٢٦,٧	٢٤,١	١٩,٨	١٨,٥	١٧,٩
الزقازيق	٥	١٧,٩	٢١,١	٢٤,٦	٢٨,٤	٣٠,٤	٣٠,٢	٢٩,٤	٢٦,٦	١٩,٩	١٥,٢	١٢,٠	١٤,٨
	١٠	١٧,٤	٢٠,٣	٢٣,٨	٢٧,١	٢٩,٣	٢٨,٩	٢٨,٥	٢٥,٧	١٩,٢	١٥,٠	١٢,٨	١٤,٥
	٢٠	١٧,٠	١٩,٧	٢٣,٢	٢٦,٦	٢٨,٨	٢٨,٣	٢٧,٢	٢٥,٢	١٨,٩	١٤,٨	١٢,٧	١٤,٤
الجيزة	٥	١٦,٣	١٩,٧	٢٢,٢	٢٥,١	٣٦,٥	٣٧,٢	٢٥,٠	٣١,٢	٣٧,٢	١٤,٢	١٢,٠	١٤,٠
	١٠	١٥,٦	٢٠,٠	٢٢,٥	٢٤,٥	٢٤,٤	٣٦,٥	٢٤,٤	٣١,١	١٧,٥	١٤,٢	١١,٩	١٢,٥
	٢٠	١٥,٤	١٩,٠	٢٣,٨	٢٥,٤	٣٦,٦	٣٦,٩	٢٥,٠	٢٢,١	١٩,٢	١٥,٧	١٢,٨	١٤,٢
	٥٠	١٦,٨	١٩,٢	٢٢,٥	٢٤,٥	٣٦,١	٣٦,٢	٢٥,٩	٢٤,٠	٢١,٢	١٨,٠	١٥,٢	١٥,٤
	١٠٠	١٧,٠	١٨,٩	٢١,٢	٢٥,٢	٢٦.٠	٣٦,٠	٢٥,٧	٢٤,٧	٢٢,٦	٢٠,٠	١٦,٥	١٧,٠

والملاحظ بصفة عامة أن درجة حرارة التربة ترتفع بالتعمق حيث يزيد البعد عن السطح البارد فى هذا الفصل، كما أنها ترتفع أيضا فى العمق الواحد فى الشهور من إبريل حتى سبتمبر. ويمثل العمق ٥٠ سنتيمتراً مرحلة إنتقال بين العمقين ٢٠ سنتيمتراً، ١٠٠ سنتيمتراً (فى محطة الجيزة) حيث نجد أن درجة حرارة التربة تنخفض على العمق الأخير فى شهور الصيف تبعا لزيادة البعد عن السطح الحار فى هذه الشهور.

وفضلا عن هذه الإختلافات الفصلية والشهرية لدرجة حرارة التربة على الأعماق المختلفة فإن درجة حرارة التربة على بعد ٥ سنتيمتراً تقريبا تختلف على طول اليوم، فعلى حين تكون درجة حرارة هذه الطبقة أكثر إنخفاضا فى السادسة صباحا، ترتفع حرارتها بشكل ملحوظ عند الظهر ثم تميل إلى الإنخفاض عند المساء مرة أخرى حتى تكاد تقترب من درجة حرارة السطح. على أن هذه الإختلافات الجوهرية فى درجة حرارة التربة تظهر فى الطبقات السطحية فقط، وتقل هذه التغيرات مع التعمق تبعا لتأخر ظهور الموجات الحرارية فى هذه الأعماق. فإذا وصلت النهاية الصغرى لحرارة السطح عند الساعة السابعة صباحا فإنها تصل إلى عمق ٣٠ سنتيمتراً فى الثانية بعد الظهر، وإذا وصلت النهاية العظمى لدرجة الحرارة على السطح الساعة الواحدة ظهرا فإنها تظهر فى الساعة الثانية على عمق ٥ سنتيمتراً وفى السادسة على عمق ١٠ سنتيمتراً حتى تصل عند منتصف الليل إلى عمق ٣٠ سنتيمتراً.

وقد تتذبذب درجة الحرارة السطحية للتربة فى مدى واسع خلال اليوم. فيصل حدها الأقصى أحيانا إلى أكثر من ٤٠° مئوية، وتودى مثل هذه الدرجات العالية من الحرارة (وقت الخماسين) إلى تغيرات مهلكة تظهر على سوق النباتات التى غالبا ماتذوى وتموت. على أن التربة سواء السطحية أو السفلية، تستجيب ببطء للتغيرات فى درجة حرارة الهواء الخارجى. ولذلك تعيش الجذور فى وسط أكثر انتظاما من الوسط الذى يعيش فيه المجموع الخضرى للنبات.

ويقل معدل الإمتصاص النباتى فى بيئة دلتا النيل كلما إنخفضت درجة حرارة التربة، شأنه فى ذلك كشأن سائر العمليات الطبيعيه والكيميائية التى تحدث داخل الجذور. إذ أن درجة الحرارة المنخفضة لاتسمح إلا بمعدل إمتصاص محدود. ففى فصل الشتاء، حيث لاتتوافر الظروف الملائمة للنبات من حيث درجة حرارة التربة يقل المعدل الأمثل للأمتصاص، ويؤثر ذلك بالتالى على النتح وعلاقته بتقزم النباتات. وليس أدل على ذلك من الضرر الذى يصيب نبات القمح وغيره من النباتات الشتوية فى باكورة الربيع نتيجة لدفء الجو واشتداد الرياح الخماسينية الحارة فى وقت تكون فيه التربة مازالت باردة، ففى مثل هذه الظروف يزيد النتح على الإمتصاص. ومن المحتمل أن يكون موت النباتات فى الدلتا فى فصل الشتاء ناجما عن جفاف انسجتها أكثر من ماهو ناجم عن تجمدها.

وتساعد الدرجات الملائمة من حرارة التربة فى بيئة دلتا النيل على سرعة انبات البذور واستقرار البادرات. وتختلف النباتات كثيرا من حيث إحتياجاتها لدرجة حرارة التربة اللازمة لانبات بذورها. فالقمح ينمو حتى حد أدنى من درجات الحرارة مقداره ٤,٤°مئوية، وينمو أحسن مايكون فى درجة ٢٨,٨° مئوية (٨٤°ف)، كما أنه يحتاج إلى التعرض لدرجة حرارة منخفضة فترة من الوقت والا أخفق فى تكوين السنابل. بينما

تحتاج الأذرة إلى حرارة حدها الأدنى مقداره ٩,٤° مئوية (٤٩°ف)، والحد الأمثل لنموها يصل إلى ٣٣,٨° مئوية (٩٣°ف)، أي أنها تحتاج إلى تربة درجة حرارتها مرتفعة. ومن ذلك تنبع الحكمة من خف البادرات في الحقل، وذلك لوصول حرارة كافية لإنتاج غطاء جيد من هذه البادرات. وتنمو الدرنات الصغيرة للبطاطس في التربة بسرعة عندما تصبح درجة حرارتها ٢٣,٨° مئوية تقريبا (٧٥°ف)، بينما يتأخر نموها عند درجة ١٧,٧° مئوية (٦٤°ف) وارتفاع درجة حرارة التربة فوق ٦٤° مئوية يسبب ضررا كاملا للنبات.

وخلاصة القول أنه يمكن التحكم في درجة حرارة التربة بأن تبقى مواردها المائية عند الحد الأمثل، ويتحقق ذلك بالصرف أو الري، وباستعمال الأساليب الزراعية الصحيحة التي تكفل الحصول على تركيب جيد للتربة، وكذلك بالعمل على وجود قدر كاف من المادة العضوية على الدوام.

(٢) درجة حرارة السطح:

نعني بدرجة حرارة السطح حرارة الهواء الذي يغلف القشرة الخارجية السطحية للتربة. ولقد لاقت درجة حرارة السطح وارتباطها بانتاج المحاصيل عناية كبيرة نظرا لأنها تعد من العوامل الجوية وأعظمها تأثيرا في نمو المجموع الخضري للنبات. ويشبه تأثيرها كذلك تأثير الماء في النبات، فهي تؤثر من قريب أو بعيد على كل وظيفة من الوظائف تقريبا. فكل العمليات الكيميائية اللازمة للتحول الغذائي تتوقف على درجة حرارة السطح حيث يرتفع معدل هذه العمليات بارتفاعها إلى أن يصل إلى درجته المثلى. وإذا ما إنخفضت حتى تصل إلى حد معين أدى هذا الإنخفاض إلى ابطاء عملية النمو، وذلك لأن درجة الحرارة السطحية المنخفضة تعوق إنقسام الخلية في النبات، كما تؤدي إلى تحديد عملية التمثيل الضوئي، وإذا ما إنخفضت عن الحد الأدنى للنمو توقفت عملية التنفس[1] وتبع ذلك القضاء على النبات .

ويعمل امتصاص الحرارة من الهواء على تنظيم درجة حرارة الأنسجة النباتية بحيث يمنعها من الإنخفاض. وبالرغم من ذلك فإن لهذه القاعدة بعض الشواذ التي تستحق الذكر، فدرجة حرارة النبات، خاصة الساق والأوراق، قد ترتفع عن درجة حرارة الهواء بمقدار يتراوح بين ١٠ مئوية و١٥ مئوية. وفي حالة التغير الفجائي في درجة حرارة السطح يكون إستجابة النبات لهذا التغير أبطأ من إستجابة الهواء له، وعلى ذلك تكون درجة حرارته في وقت أعلى أو أقل من درجة حرارة الهواء، ويرجع ذلك إلى وفرة الماء في الأنسجة النباتية، وارتفاع حرارته النوعية. وتباطؤ النبات في الإستجابة لهذا التغير يتناسب مع كتلته وسطحه. وتعد التقلبات الداخلية في درجة حرارة النبات ذات أهمية كبرى نظرا لعلاقتها ببعض الأمراض مثل لفحة الشمس (٢).

---

(١) تعد عملية التنفس من عمليات النبات النشطة التي تنطلق منها الحرارة، ولاتنشط هذه العملية ألا في درجات الحرارة العالية نسبيا، ويهبط معدلها بانخفاض درجة الحرارة السطحية.

(٢) يصيب هذا المرض معظم المحاصيل الصيفية في بيئة دلتا النيل.

وفيما يختص بالانبات تؤثر درجة حرارة السطح تأثيرا واضحا على توطن النباتات، كما تؤثر تأثيرا مباشر فى التكاثر. وعلى ذلك فدرجة حرارة النبات ترتبط ارتباطا تاما بالوسط المحيط بها.

درجات حرارة السطح المناسبة وغير المناسبة للنباتات:

يلعب الوسط المحيط دورا هاما فى تحديد درجة حرارة الهواء على كل نوع من أنواع النبات. فقد ألف كل نوع معين، ولأجيال لاتحصى، نهايتين محددتين: إحداهما للحرارة القصوى والأخرى للحرارة الدنيا. ودرجات الحرارة خارج نطاق هاتين النهاتين تعمل على إيقاف النشاط النباتى، بينما يتحمل النبات ويعيش خلال المدى الحرارى بينهما.

درجة الحرارة القصوي: تختلف درجات الحرارة القصوى التى يتحملها النبات دون أن تترك به أثرا ضارا قد يسبب القضاء عليه، تبعا لإختلاف الأنواع النباتية. ومثل هذه الدرجات من الحرارة تتصل اتصالا وثيقا فى الطبيعة بالأختلافات فى العلاقات المائية، مثل الحد المائى الميسور للجذور وتأثير فقد الماء فى خفض درجة حرارة الأوراق والساق، بحيث لايمكن الفصل بين هذه العلاقات المائية وبين التأثيرات الحرارية فى درجات الحرارة المرتفعة. وبسبب هذه العلاقات المائية وغيرها من العلاقات يهبط معدل النمو هبوطا سريعا بازدياد الحرارة حتى إذا ماجاوزت هذه الدرجة حدا معينا وصل معدل النمو درجة يقضى فيها على النبات.

درجة الحرارة الدنيا: تبلغ درجة الحرارة الدنيا درجة تجمد الماء تقريبا. وتختلف درجات الحرارة الدنيا بإختلاف أوقات السنة، كما تختلف أيضا بإختلاف الأحوال المتباينة للنبات، والسبب الأساسى لهذا الإختلاف هو كمية الماء يحتويها النبات، فتذبل الأوراق التى تحتوى على كمية كبيرة من الماء حينما تنخفض الحرارة إلى درجة التجمد.

درجة الحرارة المثلي: تسمى درجة الحرارةالتى تكون عندهما الوظائف النباتية فى أحسن وأمثل حالاتها باسم «درجة الحرارة المثلى» ويصعب تحديد هذه الدرجات للعمليات الحيوية المختلفة مثل التمثيل الضوئى، وعملية التنفس، وعملية التكاثر، وذلك لأن كل من هذه العمليات يتوقف على مجموعة من العوامل الطبيعية والكيميائية، وعادة لاتتفق العمليات الفسيولوجية المختلفة فى درجات حرارتها المثلى، فدرجة الحرارة المثلى لعملية التنفس مثلا أعلى من نظريتها لعملية تجهيز الغذاء. وعلى ذلك يبدو واضحا أن العوامل البيئية المثلى ومنها درجة حرارة السطح التى عندها تبلغ الوظائف النباتية كلها أحسن حالة لها لايمكن أن تكون درجة واحدة بل مدى يشغل عدة درجات على الأقل.

وتختلف الإحتياجات الحرارية للنباتات المختلفة فى أطوار الأنبات والنمو والنضج. ومنذ سنين كثيرة قامت محاولات لتحديد مجموع الوحدات الحرارية الفعالة التى تلزم لنمو مختلف المحصولات حتى مرحلة النضج. ولما كانت كل درجات الحرارة تحت درجة الحرارة الدنيا ليس لها أى تأثير فى زيادة معدل النمو، كان من الضرورى أولا اختيار مايعرف باسم الصفر النباتى أو صفر النمو zero- piont of Growth ، أى درجة الحرارة التى فوقها تبدأ عملية النمو. ولما كان الصفر النباتى يختلف بإختلاف المحصولات، كما يختلف أيضا، ولحد ما، بإختلاف الظروف الأخرى مثل التضاريس الأرضية ودائرة العرض وطول النهار ... وغيرها، فقد أقترح بعض الباحثين درجات حرارية مختلفة لهذا الصفر النباتى. ومن هذه الإقتراحات متوسط درجة الحرارة النهارية لليوم الوسط الذى يزرع فيه المحصول، وهذه الدرجة الأخيرة وجد أنها تبلغ حوالى ٢,٧° مئوية (٣٧°ف) للقمح، ١٢,٧° مئوية (٥٥°ف) للذرة، ١٦,٦°مئوية (٦٢°ف) للقطن. وصفر النمو لايختلف إلا قليلا باختلاف المكان، ومهما كان الأمر فإن الأصفار النباتية التى استعملت بكثرة لنمو مختلف المحاصيل هى ٦,١° مئوية (٤٣°ف) و ٥,٥مئوية (٤٢°ف) و ٤,٤° مئوية (٤٠°ف) (١).

---

(١) هناك ثلاث طرق استعملت لتقدير كمية الحرارة فوق درجة الصفر النباتى ومدى تأثيرها على نمو النباتات.

أولا: طريقة الدلائل الأسية: استعملت هذه الطريقة لتقدير كفاية درجة الحرارة لعملية النمو والأساس الذى بنيت عليه هذه الطريقة هو أن الوظائف الفسيولوجية لعمليات التحول الغذائى ماهى إلا عمليات كميائية وطبيعية تتبع المبدأ الذى يقرر أن سرعة التفاعل الكيميائى تتضاعف تقريبا لكل إرتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجة مئوية (٥٠°ف).

وإذا فرض أن معدل النشاط العادى للنبات يساوى الوحدة عندما يبلغ متوسط درجة الحرارة اليومى ٤,٤ م (٤٠ف°) وأن هذا المعدل يتضاعف لكل ارتفاع فى متوسط درجة الحرارة اليومى قدره ١٠°م (٥٠°ف)، فإنه يمكن حساب الأعداد الأسية لكفاية درجة الحرارة. فإذا كان المتوسط اليومى مثلا يساوى ١٤,٤°م (٥٨°) بلغ المعدل ٢، واذا كان المتوسط يساوى ٢٤,٤°م (٧٦°ف) بلغ المعدل ٤ وهكذا. وبالتعويض فى القانون:

$$ى = ٢^{\frac{ت - ٤,٤}{١٠}} \text{ (مئوية) أو } ى = ٢^{\frac{ت - ٤٠}{١٨}} \text{ (فهرنيتى)}$$

يمكن إيجاد دليل الكافية ى لأى درجة من الدرجات ت. فمثلا دليل الكفاية لدرجة ٣٤,٤°م يساوى ٢ ٣ = ٨.

ولايصحب الإرتفاع فى درجة الحرارة زيادة فى معدل النمو من أدناها إلى أقصاها. فمثلا بدلا من أن يتضاعف نمو نبات القمح عند درجة ٣٧,٧°م (١٠٠°ف) يحدث فى الحقيقة إنخفاض عند درجة ٢٧,٧°م (٨٢°ف)، وعلى ذلك يمكن ايجاد الحرارة المثلى التى فوقها يبدأ معدل النمو فى الانخفاض بعد أن كان متزايدا.

ثانيا: طريقة الدلائل الفسيولوجية: يراعى فى حساب كفاية درجة الحرارة العملية النمو فى النبات

وبمراجعة معدلات درجة حرارة الهواء والنهايات العظمى والصغرى لخمس سنوات، تبدأ من يناير ١٩٨٤ حتى ديسمبر ١٩٨٨ يوما بيوم، ومعدل الفترة من ١٩٦٨ – ١٩٨٨ لمحطات الإسكندرية ودمنهور وطنطا والزقازيق والجيزة، تبين أن درجات الحرارة السائدة سواء فى نهايتها العظمى أو الصغرى تلائم الإحتياجات الحرارية لمعظم النباتات التى تزرع فى بيئة دلتا النيل سواء فى حاجتها العظمى أو المثلى، كما أنها تكون دائما وتظل السنة فوق صفر النمو لكل المحاصيل، ويبدو ذلك واضحا من مقارنة درجات الحرارة (العظمى والصغرى) للمحطات السابقة بالجدول التالى:

ومن المقارنة السابقة يمكن أن نقسم المحاصيل السابقة بحسب احتياجاتها الحرارية إلى:

١-محاصيل تلائمها درجات الحرارة المنخفضة (١٥° – ١٨°) ولاتتحمل درجة حرارة الصيف المرتفعة وهذه المحاصيل متعددة منها القمح والشعير والبطاطس.

٢- محاصيل لاتتحمل البرودة وتلائمها درجات الحرارة المرتفعة (أكثر من ٢٠°م) مثل القطن والذرة الشامية والأرز.

٣- محاصيل تلائمها حدود حرارية واسعة (١٣° – ٣٠°م) مثل البرسيم والفول.

وإذا كان لدرجة الحرارة المثلى أثرها فى نمو المحاصيل فإنه إنخفاضها (بالنسبة لبعض أنواع المحاصيل) يؤخر أو يوقف انباتها فى مراحل النمو الأولى. فقد تسبب

بطريقة الدلائل الفسيولوجية تأثير درجة الحرارة المثلى على على هذه العملية. وعلى ذلك تتميز هذه الطريقة بأن دلائل الكفاية عند القيم المرتفعة أو المنخفضة من درجات الحرارة تساوى صفرا. أما عند الدرجات المعتدلة فإن هذه الدلائل ترتفع باطراد. وأمكن بالتجربة تقدير التغيرات التى تحدث فى نمو بادرات الذرة عند درجات الحرارة المرتفعة مع بقائها ثابتة لفترة طويلة. ومن هذه التجارب أمكن حساب دليل الكفاية لكل درجة من درجات الحرارة بين ٢,٢° و ٤٧,٧° مئوية (٣٦° – ١١٨°ف). فمثلا قيمة الدليل عند ٢,٢ م (٣٦°ف) يساوى ٠,١، وعند ٤,٤°م (٤٠°ف) هو الوحدة (الصفر النباتى) وعند ١٤,٤°م (٥٨°ف) هو ١٦,٦ وتبلغ قيمة هذا الدليل نهايتها العظمى عند درجة حرارة ٣١,٦°م (٨٩°ف) ثم تهبط ثانية إلى ٠,١ عند ٤٧,٧°م (١٨°ف).

ثالثا، طريقة الدلائل المتبقية (درجة الحرارة المتجمعة): استعملت طريقة الدلائل المتبقية فى الغالبية العظمى من حالات تقدير كفاية درجة الحرارة العملية لنمو النبات، ففى هذه الطريقة تجمع كل متوسطات درجات الحرارة اليومية أثناء حياة المحصول والتى تقع فوق صفر النمو. فهذا الدليل يبلغ ٨,٣°م ليوم يبلغ متوسط درجة حرارته ١٤,٤°م (٥٨°ف). وظهر أن درجة الحرارة التى تبلغ ١٥,٥°م (٦٠°ف) اقدر على تشجيع عملية النمو من درجة الحرارة التى تقل عن ذلك.

(Sharaf , Abdel - Aziz, T.,1951, pp. 72 - 80).

الموجات الباردة شتاء فى اتلاف بعض محاصيل الحقل فى هذا الفصل، مثلما حدث فى شتاء عام ١٩٦٧ حين إنخفضت درجة الحرارة إنخفاضا غير عادى مما أدى إلى اتلاف محصول الفول فى الدلتا (١) وإلى جانب ذلك قد يؤثر أيضا إنخفاض درجة الحرارة خلال النصف الأول من شهر مارس نتيجة وصول موجة باردة إلى الدلتا قد تهبط فيها الحرارة إلى قرب درجة الصفر المئوى، على بطء نمو المحاصيل الشتوية.

وفيما يختص بالانبات، تؤثر درجة حرارة السطح فى ذلك تأثيرا مباشرا، فدرجات الحرارة المرتفعة أقدر على تشجيع عملية الانبات واختصار مدتها من درجات الحرارة المنخفضة. ويرجع ذلك إلى زيادة الاحتياجات الحرارية للنبات من الوحدات الحرارية المتجمعة فوق صفر النمو فى حالة انخفاض درجة الحرارة. والجدول الآتى يوضح العلاقة بين درجة الحرارة ومدة الانبات لبعض المحاصيل.

(جدول رقم : ٢-٧)

درجات الحرارة القصوي والدنيا والمثلي

لاهم المحصولات التي تزرع في دلتا النيل

المحصول	درجات الحرارة المئوية			المحصول	درجات الحرارة المئوية		
	القصوي	الدنيا	المثلي		القصوي	الدنيا	المثلي
القمح	٢٠ - ٣٢	٢ - ٤,٥	٢٥	الذرة الشامية	٤٠ - ٤٥	٨ - ١٠	٣٢ - ٣٥
الشعير	٢٨ - ٣٠	٤ - ٥	٣٠	الذرة الرفعية	٤٠	٨ - ١٠	٣٢ - ٣٥
الكتان	٣٠	٢ - ٥	٢٥	الطماطم	٢٦,٦	١٨,٢	٢١,١ - ٢٤
البرسيم	٣٧	١	٣٠	البطيخ	٣٥	١٨,٢	٢١,١ - ٢٤
القطن	٣٨ - ٣٩	١٥ - ١٦	٢٤ - ٣٦	البسلة	٣٥	١ - ٢	٣٠
الأرز	٣٦ - ٣٨	١٠ - ١٢	٣٠ - ٣٢	الموالح	٤٩	١٢ - ١٨	٣٢ - ٣٥

(١) انخفض محصول الفول فى عام ١٩٦٧ عن العام السابق له، فبينما كانت جملة المحصول عام ١٩٦٦ = ٨,١٤٣١ أردب (٥,٢٢ أردب للفدان)، هبطت إلى ٣١٣٣٣٤ أردب عام ١٩٦٧ (٢,٨٤ أردب للفدان)، وذلك على الرغم من صغر الفرق بين المساحات المنزرعة فى هذين العامين بالدلتا (١٥٩٦٧٠ فدان عام ١٩٦٦، ١١٠١٧٨ فدان ١٩٦٧).
وزارة الزراعة : مصلحة الاقتصاد الزراعى والاحصاء (نشرة الاقتصاد الزراعى: يوليو ٦٨ و ١٩٦٩).

(جدول رقم: ٢ - ٧)

العلاقة بين درجة الحرارة ومدة الانبات (باليوم)

لبعض المحاصيل في دلتا النيل

المحصول	١٠°م	١١°م	١٦°م	١٩°م	المحصول	١٠°م	١١°م	١٦°م	١٩°م
القمح	٦	٣	٢	١,٧٥	الفول	٧	٦,٥	٤,٧٥	٤,٢٥
الشعير	٦	٣	٢	١,٧٥	البرسيم	٦	٣,٧٥	٢,٧٥	٢
الكتان	٨	٤,٥	٢	٢	الذرة الشامية	-	١١,٢٥	٣,٢٥	٢

وتختلف المحاصيل والخضر والفاكهة في درجة تحملها لدرجة حرارة السطح في بيئة دلتا النيل، فنبات القطن مثلا يعد من المحاصيل الشديدة الحساسية للحرارة، فقد تتأخر زراعته نتيجة لأن درجة الحرارة لاترتفع في شهر فبراير. وقد وجد الأخصائيون بقسم تربية النباتات بوزارة الزراعة أن درجة ١٢° مئوية تعد أقل درجة تناسب نموه، وأن درجة ٣٩ مئوية أعلى درجة يتحملها، وأن استمرار هذه الدرجة ولو بضع دقائق يوقف نمو الشجيرات وتأخذ الأزهار في السقوط كما يذبل اللوز ويجف، بينما يستطيع النبات أن يتحمل درجة ٣٥ مئوية لبضع ساعات دون أن يصاب بالضرر، ولكن وجد أن إرتفاع درجة الحرارة ارتفاعا كبيرا في فصل الربيع وبداية الصيف (يصل إلى أكثر من ٤٥ مئوية) بسبب هبوب رياح الخماسين التى تغزو الدلتا بين الحين والحين يؤدى في كثير من الأحيان إلى ذبول النبات وخصوصا إذا كان صغيرا، وسقوط اللوز مما يسبب للنمو حين تتراوح درجة الحرارة بين ٢٤° و ٢٦° مئوية.

وقد تختلف ظروف الطقس التى تسود جو حقل القطن والتى تحيط بالنبات كثيرا عن ظروف الطقس بعيدا عنه، فتنخفض درجة الحرارة مثلا في ليالى الصيف في جود الحقل - حين لاتتكاثر السحب ويكون الهواء ساكنا - بنحو ٥,٥°م عن درجة الحرارة التى يقيسها الترمومتر بعيدا عن الحقل، ومع ذلك فإن وجود بعض الغيوم القليلة كثيرا مايقلل من فقدان الجو لحرارته في الوسط المحيط بالنبات مباشرة. كما أن احتفاظ النبات ببعض الرطوبة من شأنه أن يمكنه من الإحساس بالدفء بسرعة حين ترتفع درجة حرارة السطح.

ودلت الأبحاث الزراعية على أن لدرجة حرارة شهر يوليو تأثيرا فى إنتخاب الأصلح من التقاوى انتخابا طبيعيا، وأن لها تأثيرا فى تركيز المواد المختزنة فى البذور. على أن هذا التأثير فى جودة التقاوى يتزايد بازدياد الحرارة إلى درجة ٢٧,٧° مئوية، فإذا زادت عن ذلك انعكس التأثير فكان ضارا وأدى إلى نقص المحصول فى السنة التالية. وينتج عن ذلك وجود علاقة بين حرارة شهر يوليو ومحصول القطن الناتج من البذور التى تأثرت بحرارة هذا الشهر وبعبارة أخرى يتأثر محصول القطن فى أى سنة من السنين بحرارة شهر يوليو فى السنة التى قبلها.

وتبعا لشدة حساسية القطن لظروف المناخ التى تختلف بين عام وآخر يتغير محصول الفدان منه كثيرا، إذ تؤثر هذه الظروف بطريق غير مباشر ففى مدى إستفادة النبات من تسميده، والواقع أن فتك الحشرات والآفات التى تصيب القطن بأضرار أشد كثيرا من تقلبات الطقس بدلتا النيل، ولو أن هذه الحشرات والآفات يزداد أو يقل تأثيرها على نبات القطن فى ظل ظروف مناخية معينة. فقد يشتد نشاط دودة ورق القطن ويتزايد تكاثرها فى أواخر شهر مايو وأوائل شهر يونيو حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لازدياد نشاطها، واستمرر فترة النمو الخضرى فى هذه الأوقات يعرض النبات لهجوم الدودة الشديد التى تقضى على الأوراق، ومن ثم تفتك بالمحصول وتصبح الخسارة فادحة. كما حدث فى عام ١٩٦١. أما إذا تم النمو الخضرى وابتدأ ظهور الأزهار قبل شهر مايو فإن الأوراق تكون قد حولت مابها من غذاء إلى براعم وأزهار، وتصبح إصابة الأوراق بدودة الورق غير شديدة فتقل الخسائر مما يجعل المحصول جيدا، ولكى يتوفر ذلك يجب أن توضع البذور فى التربة خلال الأسابيع الأولى من شهر فبراير.

وهناك آفة أخرى ضررها أشد أثرا إذ تفتك بمحصول القطن وقد قرب على النضج وهى دودة اللوز. ويزداد نشاطها وتكاثرها بارتفاع درجة الحرارة خلال النصف الأخير من شهر يوليو وشهر أغسطس، فهى تعوق نمو الثمرة وبذلك لاينتج القطن عند جفاف اللوزة وتفتحها. وقد اقترح تقديم ميعاد زراعة القطن فى الدلتا إلى شهرى أكتوبر ونوفمبر بدلا من زراعته فى شهرى فبراير ومارس حتى يتفادى المحصول خطر هذه الحشرة، إذ أن النضج سيتم، فى هذه الحال ةفى شهرى أبريل ومايو.

وتعد الخضر فى دلتا النيل من النباتات التى لاتتحمل الفرق لكبير بين حرارة النهار وحرارة الليل (المدى الحرارى اليومى). فمثلا نجد أن أنسب حرارة للباذنجان تتراوح بين ٢٧° و ٣٢° مئوية. والليالى الباردة تعطل نموه وتقلل محصوله، فهو لايتحمل فرقا كبيرا بين درجة حرارة الليل والنهار.

الكرنب : يحتاج لدرجة حرارة تتراوح بين ١٥,٥ - ٢١° مئوية ويبطء نموه عندما يرتفع المتوسط اليومى إلى أكثر من ٢٢°مئوية، كما تهلكه التغيرات المفاجئة لدرجة الحرارة اليومية وتقل بذلك كمية محصوله. وليس هناك نبات من نباتات الخضر له مثل العلاقة الوطيدة بدرجة الحرارة كنبات **البطاطس**، إذ يبلغ إنتاجها اقصاه فى درجات الحرارة التى تنخفض عن ٢١°مئوية (بالنسبة للعروة الصيفية) . وارتفاع الحرارة فوق ذلك يؤدى إلى زيادة النمو الخضرى للنبات دون تكوين درنات كبيرة الحجم.

القنبيط يلائمه الجو المعتدل الحرارة ولايكون الفرق فيه كبيرا بين حرار النهار والليل.. **والبصل** يحتاج بصفة خاصة لدرجات حرارة منفخضة (١٠° - ١٥,٥°مئوية) أثناء مراحل نموه الأولى، كما يبدأ فى النمو الخضرى فى درجة حرارة تتراوح بين ١٥,٥° و ٢١ مئوية. أما أثناء مرحلة النضج وتكوين الدرنات فتلزمه درجة حرارة مرتفعة تصل إلى أكثر من ٢٦ مئوية.

أما **الثوم** فيوافقه الجو المعتدل الحرارة مع ميل إلى البرودة على ألا يكون الفوق بيْن حرارة النهار والليل كبيرا، إذا أنه يحتمل شدة الحرارة ولا البردوة الشديدة.

وتنمو **الطماطم** فى أى وقت من السنة ولكن بشرط ألا ترتفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٢٦°مئوية حيث يؤدى ذلك إلى عدم اعطاء الثمار الحجم واللون المثالى لها. ولكنها تنمو أحسن مايكون عند درجة حرارة تتراوح بين ٢١° - ٢٤مئوية، وقد تنمو كذلك فى درجات حرارة بين ١٨,٠° - ٢١°مئوية فهى اذن تتطلب جوا دافئا ولاتحتمل البرودة وخاصة فى عروتها الشتوية. وبمراجعة النهاية العظمى لدرجات الحرارة فى شهور الشتاء فى دلتا النيل لوحظ أنها تقل بالفعل عن الاحتياج الحرارى للطماطم، لذا كان لابد من تدفئتها أو كبرتها خاصة فى فترة نضج وتلوين الثمار. **والخس** يفيده الجو المعتدل المائل إلى البرودة، ويضيره تقلب الجو من حر إلى برد كما يضره كبر المدى الحرارى اليومى، إذ أن ارتفاع درجة حرارة النهار تزيد من مرارته.

والشمام يجود فى الجو الحار على أن تكون الليالى دافئة، ولاتنخفض درجة الحرارة عند زراعته عن ١٠°مئوية على الأكثر، ولكنه يحتاج إلى درجة حرارة مرتفعة وقت النضج تزيد عن ٢١° مئوية.

والحقيقة أن المدى الحرارى اليومى فى الدلتا ليس كبيرا بالدرجة التى يتعرض معها النبات لظروف حرارية شديدة التباين مما ينتج عنه ارباك وتعقيد العمليات الفسيولوجية والكيميائية والحيوية المتعلقة بانبات ونمو ونضج النبات (١). إذ أن تذبذب الحرارة

---

(١) بالرجوع إلى درجات الحرارة اليومية (ليلا ونهارا) وجد الباحث أن المدى الحرارى اليومى لايزيد فى كل أرجاء دلتا النيل عن ٦ درجات مئوية بل إنه يقل عن ذلك فى معظم شهور السنة فيما عدا شهور الشتاء.

الواضح بين النهار والليل ويساعد على حدوث الحنبطة فى النبات ، تماما كما يحدث فى حالة التجوية الميكانيكية فى الصخور.

(٢) الرطوبة:

تعد الرطوبة من أعظم العناصر المناخية أهمية للنبات حيث أنها تؤثر مباشرة فى معدل عملية النتح، فغالبا مايتحدد نمو النبات أو عدم نموه فى بيئة معينة بكمية الماء التى يفقدها. وتأتى الرطوبة بعد الحراره من حيث أهميتها، وترتبط فى تأثيرها على النبات. فإنخفاض حرارة الهواء مع إرتفاع الرطوبة يقلل من الأثر الضار للبرودة، أما نقص وزيادة الرطوبة طرديا مع إنخفاض وإرتفاع الحرارة فيئوثر تأثيرا سيئا وضارا على النباتات وخاصة فى طور الأزهار والأثمار.

ومن أهم ما استنتجناه من النسب المئوية للرطوبة الجوية فى دلتا النيل هو إرتفاع درجة الرطوبة فى الشهور التى تنخفض فيها درجة الحرارة (نوفمبر وديسمبر، ثم يناير وفبراير) وذلك من شأنه أن يعمل على تقليل الأثر الضار لإنخفاض الحرارة فى الشتاء. كما لوحظ كذلك أن أقل نسبة للرطوبة تكون فى مايو ويونيو حيث ترتفع الحرارة. وتعد فترات الرطوبة المنخفضة هذه من الفترات التى يصعب على النبات تحملها. فهى قد تقع فى أوقات ينخفض عنها المحتوى المائى أيضا، وقد تبقى بعض أنواع من النباتات فى حالة سكون فى هذه الأوقات. ولقد حبت الطبيعة بيئة دلتا النيل بمياه النيل التى تجرى فى الترع فى مثل هذه الفترات حيث تكون النباتات فى بداية نموها وأحوج ماتكون إلى الماء لتعوض بذلك النقص فى الرطوبة اللازمة لنموها.

ويعمل الغطاء النباتى والمجارى المائية على زيادة الرطوبة النسبية طول العام تقريبا فى وسط دلتا النيل. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن هذا الغطاء من النباتات يمد الهواء ببخار الماء الذى ينطلق عن طريق النتح. ولما كان الماء يتبخر من المجارى المائية بكمية كبيرة فإن الرطوبة النسبية بين النباتات وفوقها مباشرة تزيد عن نظريتها فوق التربة القاحلة الجافة. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأوراق التى يحملها النوع الواحد من النباتات تختلف فى تركيبها، ويشير هذا الإختلاف إلى أن أعلى هذه الأوراق أكثرها تحملا للجفاف، وهذه الإختلافات موجودة فى معظم النباتات الطويلة مثل الذرة.

وفيما يلى أمثلة لتأثير الرطوبة على النباتات فى دلتا النيل: وجد أن القمح يتأثر بزيادة الرطوبة فى نهاية فبراير وأوائل مارس إذ يصاب بالصدأ الأحمر الذى يؤثر كثيرا فى محصوله، على حين تعد هذه الزيادة فى الرطوبة ذات فائدة فى بداية طور النمو النباتى، إذ أنها تغنى عن الرى الكثير الذى تحتاجه بعض المحاصيل فى بداية نموها مثل

نبات **القطن**. ويكون للرطوبة، كما سبق أن ذكرنا، أثرها الضار إذا اقترنت بالحرارة المرتفعة مما يعد مهدا صالحا لنمو الحشرات مثل دودة ورق القطن وديدان اللوز. ويكون أنسب وقت يشتد فيه فتك الحشرة الأولى فى شهر مايو أما الثانية فيبدأ خطرها مع ظهور لوزات القطن فى أغسطس وسبتمبر حيث تعمل الرطوبة على عدم الاسراع فى اتمام نضج اللوز. كذلك تساعد زيادة الرطوبة فى أشهر أغسطس على إنتشار الندوة البيضاء بالنسبة **للذرة** التى تزرع فى الموسم الصيفى المتأخر (النيلى)، وبالتالى فهى تقلل من نمو النبات وتشل كثيرا من عيدانه. وهنا يمكن أن يظهر الفرق واضحا بين إنتاجية الذرة الصيفية والذرة الصيفية المتأخرة (النيلية)، إذ يتضاعف محصول الأولى بينما يقل محصل الثانية بشكل واضح، وذلك لأن زيادة الرطوبة تؤدى إلى قلة تكوين الحبوب. ويحتاج الأرز فى أطوار نموه الأولى إلى رطوبة معدتلة، هذا بينما نجد أن الرطوبة توافق جودة ألياف **الكتان** أما الجفاف فيوافق جودة البذور.

وتعد **الفاصوليا** من النباتات الحساسة جدا للرطوبة. فتنخفض نسبة انباتها إذا كانت نسبة الرطوبة مرتفعة، كما يؤدى إرتفاع الرطوبة إلى اصفرار الأوراق وقلة المحصول.

وكذلك **الطماطم**، تساعد زيادة الرطوبة بالجو مع اقترانها بارتفاع درجة الحرارة، على اصابتها بالأمراض الفطرية، بينما تسقط أزهارها اذا انخفضت نسبة الرطوبة. و**الكوسة**، أيضا، تساعد زيادة الرطوبة على اصابتها بالأمراض الفطرية.

وبالمثل يتعرض **البطيخ** للإصابة بالفطريات بسبب ارتفاع الرطوبة، أما قلة الرطوبة فتجعل ثمار **الشمام** ممتلئة حلوة المذاق.

(٤) طول النهار ومدة سطوع الشمس:

على الرغم من كونهما عاملان مرتبطان ببعضهما إلا أن درجة الإرتباط بينهما ليست تامة. فقد يكون النهار قصيرا أو طويلا والشمس غير ساطعة لساعات معلومة. فنهار طويل ملبد بالغيوم يعنى أن درجة سطوع الشمس أقل مايمكن، بينما نهار قصير بدون سحب يدل على زيادة ساعات شروق الشمس أو يعنى درجة سطوع أكبر.

ومما تجدر الإشارة إليه أن طول النهار يرتبط فى تأثيره على النبات بدرجة حرارة السطح ونسبة الرطوبة. ويظهر تأثيره واضحا فى تحديد طول فترة النمو الخضرى وموعد الأزهار والنضج، كما يظهر تأثيره فى عدة مظاهر رئيسية أهمها:

١ - عملية التمثيل الكلوروفيلى.

٢ - تغذية سيقان النبات، ويظهر ذلك واضحا فى الفرق بين نباتى الذرة والدراوة التى

تزرع بغزارة، فتؤدى غزارة الأوراق إلى احتجاب الضوء عن السيقان فتظهر ضعيفة صفراء.

٣- يعزى فشل ونجاح أقلمة بعض أصناف المحاصيل لدرجات حرارة معينة لفعل الضوء.(١)

ويعد طول النهار ومدة سطوع الشمس فى بيئة دلتا النيل عاملا أساسيا فى الحياة النباتية(٢). بل يعد كلاهما فى أهمية عاملى التربة والماء. فمثلا طول النهار يعد عاملا أساسيا فى تنظيم الدورة الزراعية بالنسبة لكثير من الحاصلات. فالمزارع فى دلتا النيل يهتم بالحصول على أكبر انتاج ممكن من المحصول، ولذلك تبدو معرفته للميعاد الملائم حتى تتواءم المحاصيل مع الظروف الضوئية العادية فى أطوار حياتها المختلفة، وخاصة فى طور الأزهار، ومن ثم ينعكس تأثير الضوء على زراعة بعض أصناف معينة من المحاصيل فى بيئة دلتا النيل دون غيرها. فمثلا نجد فى مواسم زراعية معينة أن الأرز العربى والنهضة يزرعان فى الموسم الصيفى، فى حين يزرع الأرز الأمريكى فى الموسم الصيفى المتأخر (النيلى). أما إذا حدث العكس فإن الأرز العربى يتأخر فى الأزهار وقد لايعطى إنتاجية على الإطلاق. وهناك بعض المحاصيل التى تحتاج إلى ضوء فى ساعات سطوع أكبر:

فالقمح والقطن والذرة (الشامية والرفيعة) تناسبها زيادة ساعات ضوء الشمس، وذلك لأنها تستجيب للضوء فيزداد محصولها إلى حد معين بزيادة كمية الضوء الساقطة عليها أثناء نموها. وتعد الخضر من النباتات الشديدة الحساسية بالنسبة لهذا العامل، فقد يحدث لعروات بعض أصناف السبانخ المتأخرة التى يصاحبها النهار الطويل عند بداية الربيع فتخرج حاملها الزهرى وتصبح بذلك غير قابلة للتسويق. ومثل ذلك يحدث للبطاطس عند زراعتها فى موعد مبكر عن موعدها المناسب اذ تستطيل سيقانها ويزداد نموها الخضرى ولاتكون درنات بالمرة، وقد تبين أن الدرنات التى تتكون فى طقس نهاره قصير تكون ملساء حسنة الشكل. ومن أصناف البصل مالاينتج أبصالا كبيرة إلا إذا كانت فترة النهار طويلة مثل البصل الطليانى والبصل البحيرى حيث تنجح زراعتهما فى الربيع، ومنهما مايكون أبصالا كبيرة متى كانت فترة النهار قصيرة مثل البصل

(١) كان يظن أن للحرارة تأثير كبيرا فى تكوين الأزهار والثمار وليس للضوء مثل هذا التأثير، ولكن اتضح أخيرا أن الحرارة ليست العامل الفعال فى هذا التكوين.

(٢) لاحظنا أن مدة سطوع الشمس الفعلية فى دلتا النيل تصل إلى ١٢ ساعة فى شهرى يونيو ويوليو، كما أن المتوسط الشهرى يزيد دائما عن ٦ ساعات ويصل إلى أكثر من ١٠ ساعات فى الفترة من ابريل حتى سبتمبر. أما أقل درجة سطوع فتقع فى الفترة من نوفمبر إلى فبراير. على أن درجة سطوع الشمس ترتبط بكمية السحب طول ساعات النهار والعلاقة بينهما عكسية كما هو معروف.

الصعيدى فتنجح زراعته فى الخريف. وبالنسبة للطماطم نجد أن ضوء الشمس المباشر يساعد على زيادة ماتحتويه من فيتامين ج. أما الكرفس والكوسة فيتطلب نموها وفرة ضوء الشمس، كما يحتاج البطيخ كذلك لشمس مشرقة حرارتها مرتفعة.

(٥) الرياح:

للرياح آثارها عن النباتات، شأنها فى ذلك شأن العناصر المناخية الأخرى. إذ أنها تسبب تلفا كبيرا للمحاصيل إذا كانت شديدة وغالبا ماينحصر هذا التلف فى كسر الفروع والأغصان الغضة، وقد تتمزق الأوراق كما فى القمح والذرة من جراء ضربها بحركة الهواء الشديدة. ولما كانت سرعة الرياح تزيد بالإرتفاع عن سطح الأرض فإن الأشجار تتعرض لتأثيرات كثيرة وبخاصة تأثيرات الجفاف بسبب تجديد الهواء بواسطة الرياح ولاتتأثر النباتات القصيرة والمنبطحة كثيرا بالرياح. لكن استمرار هبوب الرياح يسبب انحناءات وتشويهات للنباتات الطويلة التى تصطدم بها بحيث أن الجزء الأكبر من هامات هذه النباتات (كالذرة) يميل فى إتجاه حركة الهواء.

ومن أمثلة تأثير الرياح على النباتات التى تزرع فى بيئة دلتا النيل مايصيب نبات القطن من ضرر وقت الانبات بسبب سرعة الرياح، وإذا اشتدت هذه السرعة وقت لاجمع فإنها تسقط اللوز المتفتح على الأرض فتقل رتبته نتيجة تحملة بالأتربة وبقايا أوراق النبات الجافة. كما أن الرياح تضر بالفول وقت التزهير خصوصا إذا كانت أرضه مروية. وكذلك تتأثر الذرة بالرياح الشديدة عقب هبوبها حيث تسقط النباتات المحملة بالكيزان فتتلف. وللرياح آثار سيئة وضارة على الفاكهة. فالعنب مثلا تتكسر أفرعه الحديثة وتسقط أزهاره فيقل محصوله بسبب اشتداد سرعة الرياح.

ولتأثير الرياح على النباتات فى بيئة دلتا النيل وجه آخر من حيث كمية الرطوبة التى يحملها الهواء المتحرك. فتأثير الرياح الجافة فى الشتاء، خصوصا فى أواخر هذا الفصل بحيث يصبح الهواء دافئا فى الوقت الذى فيه لاتزال التربة باردة، غالبا مايسبب موتا لكثير من النباتات الشتوية كالقمح مثلا. وكثيرا ماتسبب رياح الخماسين الساخنة الجافة أضرار بالغة بالمحاصيل وخصوصا النامية منها. وذلك لأنها تعمل على فقدان الماء من هذه المحاصيل بكميات مفرطه. فقد ينضج القمح والمحاصيل الشتوية الأخرى قبل أوانها فتنخفض غلتها انخفاضا كبيرا، لأنه فى هذه الحالة تكون درجة الحرارة مرتفعة والرطوبة النسبية منخفضة جدا. كما تؤثر رياح الخماسين التى تسوق الغبار والرمل تأثيرا واضحا فى النباتات من جراء احتكاكها فتتلف النباتات نتيجة عمليتى التآكل والترسيب. وغالبا مايبلغ التلف حدا كبيرا فتقصف الرياح الثمار والبراعم الزهرية لأشجار

معظم حدائق الفاكهة، وخاصة الموالح. كما أنها إذا هبت وقت نضج ثمار بعض أنواع الفاكهة كالموالح والعنب مثلا فإنها تمنع حبات هذه الفاكهة من أن تصل إلى حجمها الطبيعى.

وحيث أن فترة هبوب رياح الخماسين هى فترة تكوين الحبوب بالنسبة للقمح والكتان فإن استمرارها مدة طويلة يتسبب عنه ضمور سنابل القمح وبالتالى يقل حجم الحبوب، كما تتلف الياف الكتان وتبعا لذلك تتناقض غلة المحصول. وتسبب الرياح الخماسينية أيضا ذبول الأقلام والمياسم (الشرابة والشوشة) فى نباتات الأذرة وتصبح غير صالحة للتقليح فلاتتكون الحبوب.

وتعد الرياح بصفة عامة من بين العوامل الهامة فى توزيع الأعشاب الدخيلة وأنواع الفطريات التى تسبب الأمراض مثل صدأ القمح ولفحة الأرز، كما أنها تمنع الحشرات من أداء وظيفتها بين الأزهار. وقد يكون للرياح تأثيرا نافعا على جفاف التربة فى فصل الربيع، كما أنها تعمل على اختلاط الهواء البارد بالهواء الدافىء وبذلك تمنع أحيانا التلف الذى ينشأ عن الصقيع فى الليالى الباردة الصافية.

وقد أمكن أخيرا تغيير حركة الهواء وتعديل مساره بطرق عديدة مثل مصدات الرياح أو مصدات الوقاية التى اتجهت إليها الأنظار من زمن بعيد كوسيلة تقى النباتات من الأضرار المخربة التى تسببها الرياح الشديدة والأتربة، وخاصة بالنسبة لأشجار الفاكهة والخضروات المنزرعة فى الحدائق والبساتين والتى لها أهمية اقتصادية كبيرة. ولقد اهتدى الفكر إلى زراعة حزام على هيئة صفوف متوازية من الأشجار والشجيرات القريبة من بعضها لصد غوائل الرياح الشديدة والرمال والأتربة عن المحاصيل وحمايتها من آثارها المدمرة. ويكون اتجاه مصدات الوقاية هذه عادة عموديا على الإتجاه السائد للرياح. وتظهر مثل هذه المصدات بكثرة حيث تتوطن زراعة الحدائق وحول الأراضى الزراعية القريبة من الصحراء على هوامش الدلتا الغربية والشرقية.

وبالرغم من أن التأثير المثبط للرياح على النباتات قد عرف منذ مدة طويلة، إلا أنه لايوجد غير النذر اليسير من القياسات الكمية فى هذا الشأن فقد وجد مثلا أن سرعات الرياح المتواصلة التى تبلغ ٤,٤ متر فى الثانية (١٦ كيلو متر فى الساعة) و ٦,٦ متر فى الثانية (٢٤كيل متر فى الثانية) تؤثر فى عملية النتح من أوراق النباتات التى تنمو فى تربة تحتفظ بمستواها المثالى من المحتوى المائى، فيزداد معدل النتح بزيادة سرعة الرياح وعلى جوانب النباتات التى تواجهها بمقدار ٢٠:٣٠ كما وجد أيضا أن مساحة الأوراق وإرتفاع النبات وقطر الساق تنقص بزيادة سرعة الرياح.

وبمراجعة سرعة الرياح فى السنوات الخمس التى تبدأ من يناير ١٩٨٤ إلى ديسمبر ١٩٨٨ يوما بيوم، اتضح أن أكبر سرعة للرياح هى ٤,٩ متر فى الثانية وأقل سرعة هى ٠,٨ متر فى الثانية، وعلى ذلك يمكن القول أن تأثير الرياح فى بيئة دلتا النيل فى مجموعة العوامل ذات التأثيرا المباشر بسيط نوعا فهى تكاد تشابه المطر من حيث أن تأثيرهما فى الإستغلال الزراعى ليس تأثيراً مباشراً.

ولما كانت كمية المياه المتبخرة تزداد بازدياد سرعة الرياح، لذا فإن الحاجة إلى الماء أيضاً تزداد بهدف تعويض الفاقد. ويكون تأثير الرياح أشد كلما كانت أكثر حرارة. ويمكن أن تساعد الرياح القوية على نشاط الحشرات أثناء فترة تلقيح النبات، كما أنها تقوم بصورة مباشرة بنقل حبوب اللقاح والبذور بما فيها بذور النباتات غير المرغوبة كالأعشاب الضارة. والتعرية الريحية للتربة لها أهمية كبرى فى بعض مناطق العالم، حيث يتفتت الجزء العلوى الجاف من التربة إلى جزئيات دقيقة تنقله الرياح من مكانه على شكل سحب كثيفة من الغبار الذى يترسب فى مناطق بعيدة عن مصدره، وهذا له أثر مزدوج؛ فالتربة المعراة أصبحت خطراً على الحاصلات الزراعية، كما أن التربة المترسبة قد تطمر النباتات المنخفضة بما يؤثر على تطورها. وهناك بعض المحاصيل التى تعانى من التقشر نتيجة تلقيها ضربات الجزئيات الصلبة المحمولة بالهواء مما يؤدى إلى تلف المحصول أو إنقاص قيمته الاقتصادية. وفى بعض المناطق البحرية فإن الملح المحمول بالهواء قد يسبب تخريب النباتات إذا كان مركزاً بشكل كاف. وبالإضافة إلى ذلك فإن الرياح تقلل من خطر الصقيع الإشعاعى لأنها تمزج طبقة الهواء الباردة القريبة من سطح الأرض مع طبقة الهواء العليا الدافئة.

(٦) المطر:

بيئة دلتا النيل جزء من إقليم صحراوى وشبه صحراوى لاتعتمد الزراعة فيها على الأمطار وإنما على مياه الرى من الترع التى تأخذ مياهها من فرعى الدلتا وعلى ذلك فقيمة المطر كعامل مؤثر فى الزراعة معدومة إلى حد كبير فلايمكن مثلا مقارنة آثاره بأثار العوامل الجوية الأخرى، بل لعله لندرته فى معظم شهور السنة أقل العناصر المناخية تأثيرا فى إستغلال الأرض.

وبمراجعة معدلات كمية الأمطار الساقطة فى هذه المنطقة نجد أنها تتراوح بين ٢١، ١٩٢ ملليمترا فى السنة يسقط أكثر من نصفها شهرى ديسمبر ويناير. وأكبر كمية أمطار سجلتها محطات دلتا النيل فى الخمس وثلاثين سنة المنتهية فى ديسمبر ١٩٨٠، كانت بالنسبة للشهر ١٥٩ ملليمتر سجلتها محطة الاسكندرية فى شهر ديسمبر ١٩٦٩ و

١٠٣ ملليمترا فى دمنهور فى يناير ١٩٦٥ و ٦٠ ملليمتر فى طنطا فى يناير ١٩٧٥ و ٦٦ ملليمترا بالزقازيق فى فبراير ١٩٧٦ و ١٥٢ ملليمترا سقطت على قناطر الدلتا فى ديسمبر ١٩٥٠.

وبمراجعة معدل الأيام التى سقطت فيها الأمطار فى الفترة المشار إليها أيضا، اتضح أنها تتراوح بين ١٠ و ٤٧ يوما (بالنسبة لكمية المطر أكثر من ٠,١ ملليمتر فى اليوم) وبين ٥ و ٣١ يوما (بالنسبة لكمية الأمطار أكثر من ١,٠ ملليمتر فى اليوم).

ونظرا لأن سقوط الأمطار يتركز فى النصف الشتوى من السنة (أكتوبر - ابريل) فإن لها بعض الفائدة، ولو أنها محدودة، إذ تعد فى بعض الأحيان عاملا مساعدا فى سد كفاية بعض المزروعات، وخاصة الخضر، فى شهور السنة الشتوية، ولكن على الرغم من ذلك فإن سقوطها أو عدمه لايؤثر كثيرا فى زيادة أو نقص غلة المحصول.

وكيفما كان الأمر فإن قلة كمية المطر وعدم استمراره وصغر موسم سقوطه، لم يمنح الفرصة للمزارع المصرى من قديم الزمان فى استغلاله فى الزراعة.

(٧) الصقيع والبرد:

يظهر الصقيع مبكرا فى فصل الخريف نتيجة الإنخفاض السريع المفاجىء الذى يهبط بدرجة الحرارة إلى درجة التجمد تقريبا وخصوصا فى الليالى الصافية. ويؤدى ذلك إلى وقف نمو النباتات، كما يعمل على سقوط الأوراق، وينتج عن هذا نضوج غير كاف للمحاصيل. أما صقيع الشتاء فيظهر أثره خلال الأسابيع الأولى من نمو النباتات.

وبمراجعة درجات النهاية الصغرى لحرارة الهواء ودرجة الحرارة فى حقل الحشائش يوما بيوم خلال أشهر الشتاء وجد أن الفرق بين الدرجتين كان كالآتى:

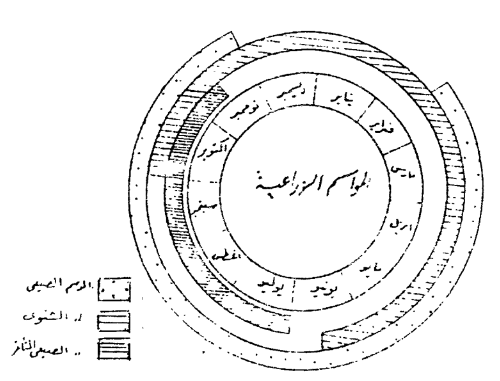
المحطـة	متوسط الفرق (منوية)	أكبر قيمة للفرق (منوية)
ادفينا	٠,٤°	٠,٨°
سخا	١,٥	٥,١
الزقازيق	١,٩	٥,٢
الجيزة	٣,٠٠	٥,٤

وواضح أن الفرق بين درجتى حرارة النهاية الصغرى للهواء وعند مستوى الحشائش يزداد كلما بعدنا عن ساحل البحر وتوغلنا فى الداخل، خصوصا إذا تذكرنا زيادة الاشعاع المنبعث ليلا من التربة، وقلة السحب تدريجيا كلما اتجهنا جنوبا، حيث يربو متوسط هذا الفرق فى جنوب الدلتا على ٣ درجات مئوية، بينما يقل هذا المتوسط فى شمالها إلى أقل من نصف درجة مئوية، ونتيجة لذلك اتضح أن أبرد جهات الدلتا فى فصل الشتاء هى المنطقة الوسطى منها التى تمتد من طنطا غربا إلى السنبلاوين شرقا، ومن سخا شمالا إلى قويسنا جنوبا. وهذه المنطقة معرضة لأخطار الصقيع إذ أن النهاية الصغرى لمستوى الحشائش فيها تقل عن درجة التجمد فى كثير من أيام الشتاء.

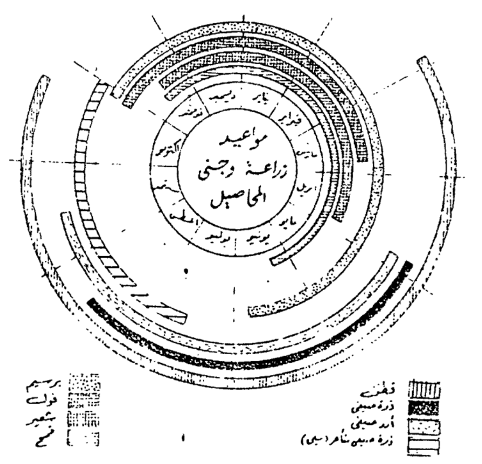
وتعانى بيئة دلتا النيل خسائر فادحة فى محصولات الفاكهة والخضروات وبعض المحاصيل الأساسية نتيجة تأثرها بالصقيع.

أما **البرد**، فيسبب سقوطه كثيرا من الأضرار بالنسبة للنباتات فهو يوقف نموها أيضا مثل الصقيع، وخاصة فى شهرى ديسمبر ويناير. إذ يحدث عنه سقوط أزهار محصول الفول وإحمرار أوراق القمح والبرسيم وجفاف أطراف نباتات الطماطم والبطاطس.

مما تقدم يتضح أن أثر العوامل الجوية أو المناخ فى بيئة دلتا النيل لاشك له قيمة كعامل بيئى محدد لزراعة ونمو محاصيل معينة، ولكن إذا كانت بيئة الدلتا تسودها ظروف مناخية متشابهة بوجه عام إلا أن هناك إختلافات إقليمية بين الجهات الساحلية والجهات الداخلية منها، كما أن مناخ الوادى فى صعيد مصر يختلف كثيرا عن مناخ الدلتا من حيث الحرارة والرطوبة والمطر. وقد انعكس هذا الإختلاف فى المناخ فى توزيع الحاصلات المختلفة، ففى الاستطاعة زراعة المحاصيل المصرية فى الدلتا والوادى غير أن إنتاج بعض المحاصيل قد يختلف فى أحدهما عن الآخر مع تشابه الأرض فى الجودة، لذا كان لزاما على المشتغل بالزراعة فى مصر معرفة توزيع محاصيل الحقل فى المناطق الزراعية المحلية وتأثير العوامل الجوية على نموها وإنتاجها من حيث الجودة أو الضعف فزارع الوادى لايقدم على زراعة الاقطان طويلة التيل مثل المنوفى وجيزة ٤٥ لأنها لاتجود فى مناخ هذه المنطقة، إذ تحتاج هذه الأصناف إلى حرارة معتدلة وجو رطب وأرض متوسطة الجودة وهذا لايتوافر إلا فى الحزام الأوسط من الدلتا. وقد يصاب القمح الهندى بالصدأ الأسود بشدة فى شمال الدلتا بينما تقل اصابته فى جنوبها وتكاد تنعدم فى الوادى. وقد يتأثر الفول بالصدأ أيضا فى الدلتا ولكن يندر هذا التأثير فى بلاد الصعيد رغم تساوى عدد الريات وذلك لحرارة الجو وجفافه والتبكير فى المنطقة الأخيرة. وينطبق ذلك أيضا على الكتان. غير أن الألياف الناتجة بمنطقة الوادى أقل نعومة من



(شكل رقم: ٧-١) المواسم الزراعية في دلتا النيل

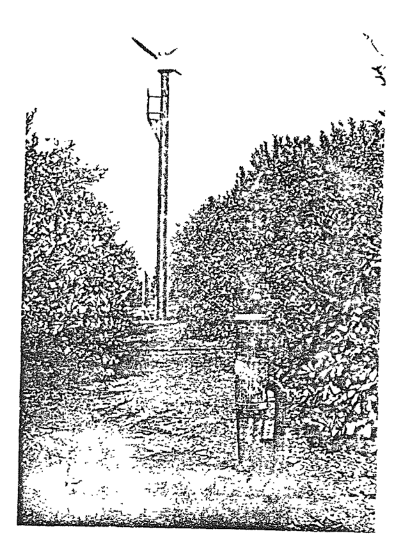


(شكل رقم: ٧-٢) مواعيد زراعة وجني المحاصيل في دلتا النيل

الناتجة فى الدلتا وربما كان ذلك لشدة رطوبة الجو وكثرة الضباب وإنخفاض درجة الحرارة فى الدلتا فى موسم زراعته.

ويلاحظ أيضا أن بعض المحاصيل قد اشتهرت زراعتها فى الدلتا بينما اشتهرت محاصيل أخرى بالوادى وبصفة عامة فإن العوامل الجوية فى الوادى تلائم نمو بعض المحاصيل التى لاتجود فى الدلتا، مثل القصب والذرة الرفيعة والفول وأنواع القمح الصلدة. ولكن يجب أن نتذكر أن توطن بعض المحاصيل فى الدلتا والوادى لاتفسره الظروف المناخية وحدها، إذ تظهر عوامل أخرى متعددة، بعضها طبيعى كالتربة، والآخر بشرى كالظروف الاقتصادية والتاريخية والاجتماعية، تؤثر فى هذا التوزيع الجغرافى للمحاصيل.

وإلى جانب تأثير العناصر المناخية فى الدلتا على المحاصيل الزراعية، فإن لها وجها آخر من التأثير يظهر فى العمليات الزراعية. فمثلا نجد أن لعنصر حرارة السطح تأثيرا على بعض هذه العمليات سواء أكان هذا العنصر هو إنخفاض درجة الحرارة عن الحد الأمثل أو ارتفاعها عنه، ومن هنا كان لابد للمزارع فى منطقة الدلتا أن يقوم بتعديل درجة الحرارة ما أمكن وذلك بالنسبة لمختلف المحاصيل، أو على الأقل للحساسة منها لدرجات حرارة معينة. وذلك عن طريق اجراء بعض العمليات الخاصة بتدفئة التربة والمحاصيل بتغطيتها بقش الأرز أو بعيدان الحطب لمنع عملية الاشعاع حولها، حينما تنخفض درجات الحرارة فى شهور ديسمبر ويناير وفبراير، كما فى حالة الطماطم والبسلة. ونفس الوضع يحدث صيفا لوقايتها من حرارة أشعة الشمس وقد تغرس سقان الذرة الجفاة فى خطوط عبر الحقل لتقليل أثر الهواء الذى يعمل على برودة التربة بزيداة تبخر الماء منها. أو قد تجرى فى بعض الأحيان عملية تدفئة للحقل كله(شكل رقم: ٣ – ٧) إذا هبطت درجة الحرارة فجانيا واقتربت من درجة التجمد وأصبحت النباتات معرضة للتلف بسبب الصقيع، فتشعل نيران فى مواضع متعددة يحرج منها دخان كثيف يحيط بالنباتات بسحب صناعية، وغالبا مايتم ذلك باستعمال الفحم أو المواقد الزيتية. وهذه النيران لاتعمل على إضافة الحرارة إلى الجو فحسب بل أنها تسبب على وجه الخصوص تيارات حمل تعمل على مزج كتلة الهواء ببعضها مزجا يكاد يكون تاما. ومثل هذه العملية لها أثرها خصوصا فى الليالى الساكنة. وتتخذ إجراءات خاصة فى زراعة المحاصيل التى تحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة نسبيا أثناء فترات انباتها أو نموها، ومن بينها القطن: فالخطوط التى يزرع فيها تكون فى الأغلب الأعم شرقية غربية، وتزرع البذور على الريشة القبلية حتى تتلقى أكبر قدر من ضوء وحرارة



(شكل رقم: ٢ - ٧) مدفاة ومروحة هوائية لتدفئة بستان موالح ولتقليل حدوث الصقيع

الشمس. وإذا وضعت هذه البذور فى وقت مبكر فإنه يراعى عندئذ إضافة بعض الطمى أو الرمال إلى مرقد البذره لكى تحافظ على قدر من الدفء تستطيع معه البادرات من النمو. وإلى جانب ذلك تؤثر درجة حرارة الهواء على طريقة عمل الدريس (البرسيم الجاف) التى لاتنجح إلا فى الجو الدافىء القليل الرطوبة، إذ يساعد ذلك على سرعة جفافه. كما كان عملية دراس بعض المحاصيل كالقمح والشعير والفول لايبدأ بها إلا عند إرتفاع حرارة الجو وجفافه. إذ أن إنخفاض درجة الحرارة وزيادة الرطوبة فى الجود تجعل القش يلوى. كما تقف عملية تدخين أشجار الموالح وغيرها ضد الحشرة القشرية إذا إرتفعت درجة الحرارة عن ٢٦,٥ (٨٠ ف) أو إنخفضت عن ١,٦ مئوية (٣٥° ف).

ومن تأثيرات حركة الهواء على العمليات الزراعية فى بيئة دلتا النيل أنها تعمل على نقل وتلقيح الأزهار الأشجاروالنباتات الحقلية، ومن تأثيراتها الضارة أنها تنقل الجراثيم والأمراض الفطرية كالصدأ والتفحم فى القمح والشعير والذرة، كما أنها تزيد من سرعة جفاف الأرض المروية إذا كانت الرياح جافة ودافئة عن طريق زيادة التبخر من التربة والنبات. وبالإضافة إلى ذلك يظهر أثر الرياح فى ميعاد ريات كثير من المحاصيل مثل الدرة والقمح، إذ كثيرا مايحجم الفلاح فى الدلتا عن رى حقله صباحا أو عصرا ويفصل ريه ظهرا أو ليلا على وجه الخصوص. ذلك أن ماء الرى يفكك التربة فتتخلخل جذور النباتات وبالتالى فإن أى حركة فى الهواء يمكن لها أن تتسبب فى ضجعان النباتات فيتلف المحصول ويكون الضرر جسيما إذا حدث الضجعان قبيل نضج النباتات أو وقت حملها للكيزان والسنابل ولهذا يجب زراعة الذرة فى خطوط من الشمال إلى الجنوب ليسهل مرور الرياح بينها، وهى الرياح الشمالية عموما فى كل أرجاء الدلتا تقريبا. ويعوق هبوب الرياح السريعة عملية نثر البرسيم عند زراعته، كما أنها تعوق عملية نثر السماد الكيماوى أيضا.

ويمكّن تغيير حركة الهواء أيضا عن طريق زرع الحبوب فى أخاديد أو شرائح ضيقة ومتبادلة بحيث تكون عمودية على إتجاه الرياح السائدة وهى الشمالية، وهذه الطريقة تحمى البادرات وتقلل من تأثير الرياح عليها.

وللندى فى دلتا النيل أكبر الأهمية من حيث التأثير على العمليات الزراعية. فظهوره على الأشجار الحمضية وغيرها يدعو إلى وقف تدخينها، كما أن له أثره فى حصاد القمح والشعير إذ أنهما يحصدان قبل تطاير الندى حتى لاتتقصف السنابل. ويدرس الأرز فى الصباح الباكر حتى لايتقصف قشه وتتعرى حبوبه، بينما لايدرس القمح والشعير والبرسيم إلا بعد تطاير الندى.

وكذلك يؤثر الندى فى إذابة الأسمدة الكيماوية فى زراعات البرسيم والقمح لذا ينصح عادة بعدم نثرها إلابعد تطاير الندى. وبالإضافة إلى ذلك يؤدى البرسيم المندى إلى إنتفاخ الماشية. ويغسل الندى سطوح الأوراق فيسهل بذلك عمليتى التمثيل الكربونى والتنفس. والدريس لايقلب والقطن لايجنى أو يعبأ فى أكياس إلا بعد تطاير الندى حتى لاتتأثر تيلته بالماء.

مما سبق نرى أن تأثير المناخ فى الإستغلال الزراعى فى بيئة دلتا النيل يكاد ينحصر فى حرارة التربة وحرارة السطح ونسبة الرطوبة ومدة سطوع الشمس. أما العوامل الأخرى كالضغط الجوى والرياح والأمطار فتأثيرها غير مباشر ويصعب القول بأنه محدود أو غير

محدود، إذ لم نشاهد فى العمليات الزراعية مايشير إلى أن لأحدهما أثرا هاما وأن كان هذا بطبيعة الحال لاينفى أن لهما هى الأخرى قدرا معينا من التأثير على أطوار حياة المحاصيل المختلفة المزروعة فى منطقة البحث (١).

ونظرا لأن العناصر المناخية لاتضع حدا معينا لفصل النمو الذى يمتد طول العام، فليس هناك فصل يقف فيه نمو النباتات كما يحدث فى معظم الأقاليم الباردة. وقد أدرج الفلاح منذ زمن بعيد وبعد تجارب كثيرة أنسب الأوقات والظروف لزراعة محاصيله وأعماله الزراعية، وارتبط ذلك بالظروف المناخية ارتباطا وثيقا ظهر فى صورة التنظيمات التى عرفها الفلاح واستمر فى استخدامها حتى الآن، وعلى الرغم من التقدم الفنى فى أساليب ووسائل الزراعة إلا أن هذه التنظيمات لازالت ناموسا يهتدى به الزراع. وأهم مظهر لهذا الارتباط يتمثل فى صورة الأمثال الزراعية التى ترتبط بدورها بشهور السنة القبطية دون غيرها. لذا لانعجب إذا عرفنا أن الغالبية العظمى من المزارعين تزيد معرفتهم كثيرا بالشهور القبطية عنها بالنسبة لشهور السنة الميلادية (الشمسية) والهجرية (القمرية) (٢). وأن دل هذا على شىء فإنما يدل على أن هذه الأمثال تلقى قدرا من الضوء على حقيقة ارتباط التنظيمات الزراعية بالعناصر الجوية. وتتلخص الأمثال الزراعية المشهورة فى مصر عامة والدلتا خاصة فى الجدول التالى (جدول رقم: ٤-٧).

وإلى جانب الأمثال السابقة (٣)، فقد ارتبطت شهور التقويم القبطى أيضا بالعمليات الزراعية فى صورة بعض ألفاظ لها دلالة مناخية معينة أمكن معرفتها مثل: لفظ (نقطة) وهو يوافق ١١ بؤونة (٢٠ يونيو) حيث يرتبط به مواعيد زراعة بعض المحاصيل، كأن يقال مثلا: (زرع القطن على ١٣٠ يوم) أى قبل النقطة بهذه المدة، كذلك لفظ (نيروز) الذى يدل على أن النيل يبلغ أقصاه وتبدأ معه زراعة المحاصيل الشتوية.

وخلاصة القول أن ثبات الظروف المناخية فى بيئة دلتا النيل ووضوح أثر العناصر المناخية على المحاصيل الزراعية بها، من حيث تنظيم زراعتها تنظيما فصليا لايفرض حدودا لفصل النمو بل يسمح بزراعة بعض أنواع منها فى أكثر من فصل تبعا لتوافر

(١) ارتبطت الزراعة ومواعيدها وعملياتها فى مصر بالتقويم القبطى نظرا لثباته وتكرار شهوره فى نفس الظروف ونفس الوقت سنويا وتوافقه كذلك مع الظروف المناخية السائدة. وقد قسمت السنة فى هذا التقويم إلى اثنتا عشر شهراً كل منها ثلاثون يوما، والخمسة أيام الباقية سميت بالنسىء ولاشك أن التقويم القبطى هذا يدل على تلك الخبرة الطويلة التى مارسها الفلاح والتى مازالت قائمة باستمرار الظروف المناخية إلى يومنا هذا.

(٢) يختلف التقويم الهجرى عن التقويم الشمسى والقبطى، حيث يقل الأول بأحد عشر يوما كل سنة عن الآخرين، ومعنى هذا أن شهور السنة الهجرية تسبق بداية الفصول بأحد عشر يوما كل سنة.

(٣) نظرا لأن الباحث قد عاش فترة طويلة من حياته بالريف، فقد سمع وحفظ من أهل قريته كثيرا من هذه الأمثال وتحقق منها.

(جدول رقم: ٤-٧) الأمثال الشعبية التي لها علاقة بالزراعة التقليدية في بيئة دلتا النيل

الشهر	المثل	التعريف
توت	توت هات الأنتوت	يقصد بذلك استعداد الفلاح لخدمة أرض المحاصيل الشتوية «القمح، الشعير، الكتان، البرسيم الفول. الانتوت: مسمار خشبى صغير يربط قصبة المحراث البلدى بالناف الذى تجره الماشية.
بابه	بابه زرعه يغلب النهاية	نظرا لأن هذا الشهر يوافق أوائل أكتوبر فإن المحاصيل التى تزرع به مثل الفول القمح والعدس والحمص تكون أكثر إنتاجية لما تمتاز به بادراتها من قوة النمو
هاتور	- هاتور أبو الدهب المنتور - ان فاتك زرع هاتور أصبر لما السنة تدور	يقصد بذلك أنه يتم فى هذا الشهر زراعة القمح حيث يعد هذا الشهر هو الأمثل لزراعة هذا المحصول، وأن أى تأخير لايعود بالمحصول الوفير، وقد أكدت ذلك التجارب الزراعية حديثا.
كيهك	كيهك صباحك مساك	يكون طول النهار فى هذا الشهر أقصر مايكون. ويقل العمل الزراعى، بل يكاد ينعدم، ويقتصر على تغذية الماشية بالبرسيم وتطهير الترع والمصارف.
طوبه	طوبه أم البرد والعنوبه، تخلى العجوزة كركوبه.	طوبة أصلها (دبة) وتعلى نضج القمح، ويعد هذا الشهر أقصى الشهور برودة.
امشير	أمشير يقول للزرع سير خلى القصير يحصل الطويل	أمشير أصلها (ماخيير) ومعناه الدافىء، ونظرا لشدة البرد التى يعانيها الزرع وخاصة القمح فى شهرى كيهك وطوبة مما يجعل الزراعات المتأخرة ضعيفة وصغيرة، وحتى يحل أمشير يصير الجو دفيئا نسبيا فتزداد قوة.

تابع (جدول رقم: ٤-٧)

الشــهــر	المثــل	التعــريف
برمهات	برمهات روح الغيط وهات	يقصد به بدأ النباتات فى الأزهار والأثمار مع بداية الربيع وتزداد المحاصيل نضجا، حيث تسنح الفرصة لمن يذهب إلى الحقل أن يجد الفول الأخضر وفريك القمح.
برمودة	برمودة دق العمودة	برمودة أصلها (بارانوت) وتعنى شهر إلاه الحصاد (نوت) ويتم فى هذا الشهر حصاد المحاصيل المختلفة مثل القمح والفول والبرسيم. ويقصد (بدق العمودة) أى دق العمود المركزى للنورج الذى يستخدمه فى عملية الدراس.
	برمودة دق العمودة	أى دق بالعصى الثقيلة لفصل الحب عن القش.
بشنس	بشنس يكنس الغيط كنس	لاتبقى فى هذا الشهر محصولات شتوية بالحقل حيث تكون كلها قد حصدت.
بؤونة	بؤونة الحجر	ويطلق عليها الحجر نظرا لشدة الحر (يونيو ويوليو).
أبيب	ابيب طباخ العنب والتين	ينضج فى هذا الشهر العنب والتين
مسري	مسرى تجرى فيه كل ترعة عسرة	يوافق هذا الشهر وصول مياه الفيضان إلى جميع الترع حتى لاتصلها المياه طوال السنة (الترع العسرة).

المياه طوال العام تقريبا، قد هيأ ظروفا ملائمة لتنوع هذه المحاصيل. فقلما نجد منطقة من العالم تبلغ هذا القدر من المساحة المحدودة (٣ مليون فدان تقريبا) تتسع وتصلح لنمو غلات تحتاج لتلك الظروف المناخية المتباينة التى تتطلبها المحاصيل التى تزرع فى الدلتا، مثل نباتات البحر المتوسط كالحبوب الشتوية والموالح ونباتات الأقاليم المدارية والموسمية كالذرة والقطن والأرز، إذ نجد هذه المحاصيل بيئة ملائمة وظروفا مناخية تصلح لنموها.

تحدد، إلى درجة كبيرة الظروف المناخية المثلى للنمو إنتاجية المحصول. وإذا كان هناك حدود دنيا وعظمى من درجات الحرارة التى يصعب على النبات نموه خارجها، فإن لكل محصول وحدات حرارية معينة تلزمه لقضاء مراحله الحياتية المختلفة. ولقد حاول بعض الباحثين الربط بين درجة الحرارة ونمو النبات وإنتاجية المحصول، ففى عام ١٩٤٧ استخدم جسلين Geslin عامل الفاعلية (A) الذى يشير إلى قوة النمو المرتبطة بدرجة الحرارة والإشعاع الشمسى؛

A = ح $\sqrt{\text{ش}}$

حيث ح = المتوسط اليومى لدرجة الحرارة (درجة مئوية)

ش = كمية الإشعاع الكلية على سطح أفقى (وحدة حرارية/سم٢/يوم)

ولنمو الأوراق في الحبوب الصغيرة - كالقمح - علاقة مباشرة بهذا العامل، حيث بازدياده يزداد نمو الأوراق.

ومن خلال دراسة أجراها جيوت Guyot (١٩٥٦) وجد أن هناك علاقة بين إنتاج محصول العنب وازدياد متوسط درجة الحرارة السنوى فوق ٨درجة مئوية، كما تبين له أن نوعية العنب ترتبط طردياً بمربع عدد ساعات سطوع الشمس فى شهر يوليو. كما أن هيلدرث وبارنت Hildreth & Burnett قاما بحساب معامل الارتباط بين إنتاج محصول القطن ورطوبة التربة عند عمق متر واحد مقاسة فى ٢٠ مايو فوجدوا أنه يساوى ٠.٧٥ وهى قيمة تدل على علاقة قوية بينهما، فى حين بلغت قيمة معامل الارتباط - استناداً إلى دراسة لود Laud - بين إنتاج محصول القمح وكميات الأمطار الساقطة فى الفترة من مايو وحتى ٣١ يوليو مقدار ٠.٨٦ وذلك فى ولاية كانساس الأمريكية. أما بالنسبة للمجر، فقد اقترح برنى Berenyi العلاقة التالية؛

$$Y = aX_1 - bX_2 + cX_3 - d$$

حيث Y = أفضل إنتاج للمحصول

$X_1 . X_2 . X_3$ = التساقط، درجة الحرارة، سطوع الشمس على الترتيب خلال الفترة من مايو وحتى يوليو.

d . c . b . a = ثوابت

وبلغت قيمة معامل الارتباط ٠.٨٧ وهى قيمة كبيرة لها دلالة إحصائية لتؤكد على الارتباطات السابق ذكرها.

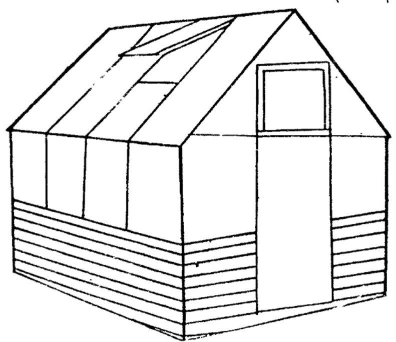
البيئة الزراعية الاصطناعية

لما كان لكل محصول زراعى إحتياجات مناخية، وبما أن هذه الإحتياجات تتوافر فى مناطق دون سواها، وفى فصل من السنة دون غيره، لذا تحددت البيئات الأساسية للمحاصيل الزراعية وأصبحت الحدود واضحة بين الأجزاء الصالحة وغير الصالحة لزراعة هذا المحصول أو ذاك. وإذا كان بالإمكان توف الرى فى حالة قلة المياه الجارية على السطح أو من المياه الجوفية، بجانب محاولات إسقاط الأمطار بطرق اصطناعية، فإن الأمر لم يقف عند هذا الحد بل تعدى ذلك إلى خلق أجواء حرارية معينة، وأصبحت الكثير من المحاصيل الزراعية تزرع خارج نطاق زراعتها الأصلية وفى فصوا . غير فصول زراعتها.

إن عملية توفير الحرارة الكافية لحاجة المحاصيل الزراعية من العمليات الهامة والأساسية فى توفير فصل نمو دائم ومستمر على مدار السنة للكثير من أنواع النباتات. وقد تم توفير ذلك عن طريق استخدام بيوت مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك، ولذا عرفت تلك البيوت بالبيوت الزجاجية أو البلاستيكية، تلك التى توفر فى داخلها جواً مختلفاً كل الاختلاف عن الجو الخارجى. فالبيوت الزجاجية أو البلاستيكية تستفيد من خاصية المواد المصنعة منها - زجاج كان أم بلاستيك -، حيث يتصف الزجاج بخاصية السماح بحرية مطلقة للأشعة الشمسية القصيرة الموجة من إختراقه تجاه سطح الأرض، غير أنه يمنع الأشعة الأرضية الحرارية طويلة الموجة من إختراقه تجاه الفضاء، ولذلك يحافظ على درجة حرارة ليلية أعلى بكثير من من درجة حرارة الجو الخارجى، كما أنه يقلل من فقدان الحرارة أثناء النهار، ومن ثم يجعل حرارة النهار أعلى. وهكذا يمكن القول أن الطاقة الشمسية تحفظ داخل البيوت الزجاجية وتمنع من التسرب خارجاً ملبية بذلك حاجة النباتات المحبة للدفء فى الليل. كما يمكن أن تستغل الطاقة الشمسية فى توفير جو حرارى ليلى معين بواسطة تخزين الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس فى النهار، باستخدام أجهزة خاصة - عبارة عن ألواح لجمع الحرارة - حيث يتم تسخين الماء الذى يحفظ ضمن خزانات، كى يعاد استخدامه فى الليل وفى الأيام الملبدة بالغيوم والباردة. ولم يعد يكتفى باستغلال الطاقة الشمسية فى البيوت الزجاجية، بل أصبح الآن يوفر للنبات أيضاً أجواء اصطناعية خاصة عن طريق التدفئة الاصطناعية (مدافئ كهربائية، أو مدافئ الكيروسين ...) . وفى حال نقص الضوء الضرورى فإنه يوفر ضوءاً اصطناعياً عن طريق المصابيح، كما يوفر للنبات التهوية اللازمة بالطرق المناسبة، والرطوبة الضرورية الجوية والأرضية.

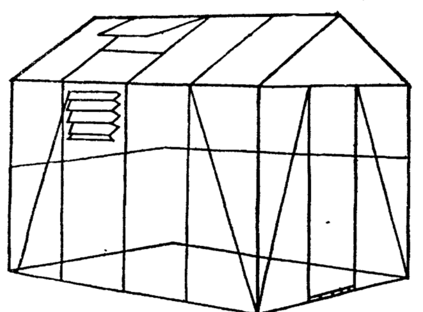
ويلعب اتجاه البيت الزجاجى بالنسبة لأشعة الشمس دوراً كبيراً فى تحديد كمية الطاقة الشمسية المستفاد منها. ويعد الاتجاه شرق - غرب أفضل بكثير من الاتجاه شمال - جنوب، حيث تدخل فى الحالة الأولى أكبر كمية ممكنة من ضوء الشمس فى فصل

الشتاء، بجانب أن توزيع الضوء يكون أكثر انتظاماً، كما أن درجة حرارة التربة فى الشتاء والحرارة المكتسبة تكون أعلى فى البيوت الزجاجية الشرقية – الغربية من غيرها من البيوت (شكل رقم: ٤ –٧).



(شكل ٤ - ٧)

ا - بيت زجاجي تقليدي، نصفه السفلي مكون من مادة عازلة « خشب، فرميد »



ب - بيت زجاجي تقليدي مغطي بألواح زجاجية
أو ببلاستيك من مستوي السقف وحتي مستوي سطح التربة

وتستخدم البيوت الزجاجية لزراعة الخضروات (خيار، باذنجان، كوسة، فلفل، طماطم) ونباتات الأزهار والزينة (قرنفل، ورود، أقحوان)، بالإضافة إلى بعض شجيرات الفاكهة (عنب، موز، مشمش). وقد تحتاج بعض المحاصيل لهذه البيئة الاصطناعية فترة قصيرة من حياتها، بينما نجد أخرى تبقى فى تلك البيوت طيلة فترة نموها حتى تنضج وتقطف ثمارها. وفى حالات كثيرة فإن طريقة زراعة البيوت الزجاجية تكون ناجحة اقتصادياً فى حال إذا ما كانت البيئة الطبيعية لبعض المحاصيل لا تحتاج إلا لقليل من التعديلات فى البيئة لكى يتحقق لها أفضل نجاح.

ثانياً: المناخ والصناعة

تتأثر الصناعة بحالة الجو فى نواحى متعددة لايسهل حصرها، ولكن يمكن تقسيم هذا الأثر إلى ناحيتين: الأولى هى اختيار موضع المصنع، والثانية تأثير المناخ على عمليات التصنيع ذاته.

أما من ناحية إختيار موضع المصنع، فتظهر أهمية المناخ المباشر فى معرفة أثر كل من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وإتجاه الرياح وقوتها ومدة سطوع الشمس على تصميم مبنى المصنع ومدى حاجته إلى التدفئة. وهناك جانب آخر، غير مباشر، من هده الأهمية يتمثل فى تأثير العوامل الجوية على طرق النقل ووسائل المواصلات التى تربط المصنع بمراكز التسويق ومناطق التصدير، هذا بالإضافة إلى تأثيرها على هجرة الأيدى العاملة إلى المناطق الصناعية للعمل بها تبعا لاعتدال أو لسؤ الأحوال الجوية السائدة.

ومن ناحية تأثير المناخ على عمليات التصنيع، نجد أن هناك كثيرا من الصناعات التى يتعين لها ظروف جوية خاصة، بالنسبة لدرجة الحرارة والرطوبة، بدونها لاتنجح. ولكننا نرى أن عمليات التصنيع قد تحررت من تحكم العوامل الجوية الآن فيها، إذ أصبحت المصانع مجهزة بالآت التكييف Air condition التى تخلق جوا اصطناعيا، يشابه إلى حد كبير ماتتطلبه الصناعات من أحوال جوية طبيعية.

وفى دلتا النيل، قد لانجد للظروف الجوية دورا فى تحديد مواضع المصانع بها، اذ أن أغلبها يقع شمال المدن ، مثالها المصانع العديدة التى تقع شمال القاهرة فى شبرا الخيمة، دون أن يؤخذ فى الحسبان عند أختيار هذا الموضع اتجاه الرايح السائدة، وهى الشمالية عموماً، التى تحمل المخلفات الصناعية وتلقى بها على المناطق السكنية مما يسبب أضرار جسيمة للسكان. وعلى الرغم من أن هناك مصانع تقع جنوب المدن، ومصانع الاسكندرية مثالها ، إلا أن هذا الموضع أيضاً قد لا يرتبط بالعوامل الحوية مباشرة مثلما يرتبط بطرق النقل، والنقل النهرى بصفة خاصة، حيث يمكن نقل المواد الخام وتصريف المنتجات بأقل تكلفة ممكنة.

ومن الناحية الأخرى، نجد أن تكاليف الإنتاج فى الصناعة عموماً تتأثر بمدى الحاجة إلى التكييف وتصميم المبانى بحيث تتناسب مع الأحوال المناخية السائدة. فصناعة الطائرات فى دلتا النيل مثلاً، تطلبت مبانى ضخمة وظروف جوية ملائمة لأجراء التجارب والاختبارات تتمثل فى صفاء السماء وخلوها من السحب بالإضافة إلى

الجو الدافئ حتى لا تتضخم تكاليف الإنتاج بإضافة تكاليف التدفئة الباهظة. وعلى ذلك فقد توطنت هذه الصناعة فى منطقة القاهرة، دون سواها، حيث تقل نسبة الغيوم فى سمائها (تقريباً من قبة السماء)، كما يرتفع بها المتوسط اليومى لدرجة الحرارة الذى لاينخفض فى أى شهر من الشهور عن ١٢ درجة مئوية (٥٣,٦ ف).

وثمة أهمية ملحوظة للعناصر الجوية على توطن بعض الصناعات فى بيئة دلتا النيل. فصناعة نسيج القطن مثلا من المعروف أن الجو الرطب يناسبها، لأن الرطوبة تقوى خيوط الغزل ومن ثم تقلل من قطع هذه الخيوط أثناء النسج. وعلى ذلك تأثر توزيع هذه الصناعة فى منطقة البحث إلى حد ما بالرطوبة النسبية التى تتميز بازيادها فى الجهة الشمالية، صيفا وشتاء، فضلا عن تزايدها أيضا فى الجهات الوسطى، شتاء، وإنخفاضها كثيرا فى الجهات الجنوبية، وربما كان ذلك من أسباب انتشار صناعة نسج القطن فى الجهات الأولى. ولكن لو نظرنا إلى مستقبل هذه الصناعة نجد أنه ليس للرطوبة النسبية أهمية تذكر فى هذا الشأن، إذ أصبح من السهل تكييف الجو حسب ماتتطلبه الصناعة داخل المصنع.

وكذلك من الصناعات التى تتأثر بالعناصر الجوية فى دلتا النيل «صناعة السينما»، ففى بادىء الأمر كانت تعتمد هذه الصناعة على صفاء الجو وزيادة مدة سطوع الشمس حتى تتم عمليات التصوير بنجاح، إلا أنه اخترع حاليا نوع من الأفلام تقلل من أهمية أشعة الشمس كعامل مؤثر فى نجاح التصوير. ورغم ذلك فإنه مازال لتوفر الضوء وزيادة مرئية آثار لايمكن إغفالها فى التصوير بالخلاء، فضلا عن أن هبوب الرياح بشدة فى منطقة التصوير تؤدى إلى تشويش أصوات مكبرات الصوت. وتبعا لذلك تركزت هذه الصناعة فى منطقة القاهرة حيث تجد ظروفا بيئية ملائمة لها.

أدى انتشار الصناعة، على مستوى العالم كله، إلى نشأة مشكلة عالمية هامة هى اختلال موازين الغلاف الجوى الذى امتلأ بغازات خطيرة أدت بالتالى إلى تلوث جو الكرة الأرضية. إذ أن التصنيع يسهم بنصيب كبير فى زيادة نسبة الفضلات والمخلفات فى الجو من ناحية، وفى زيادة نسبة الغازات والأبخرة المتصاعدة من ناحية ثانية (شكل رقم: ٥-٧)، فضلا عن الغازات المنبعثة من السيارات، التى كان لها أضرارها المباشرة على مظاهر الحياة، أولها وأخطرها، كما ذكرنا من قبل، زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو بصفة عامة الذى يودى إلى أضرار صحية جسيمة.

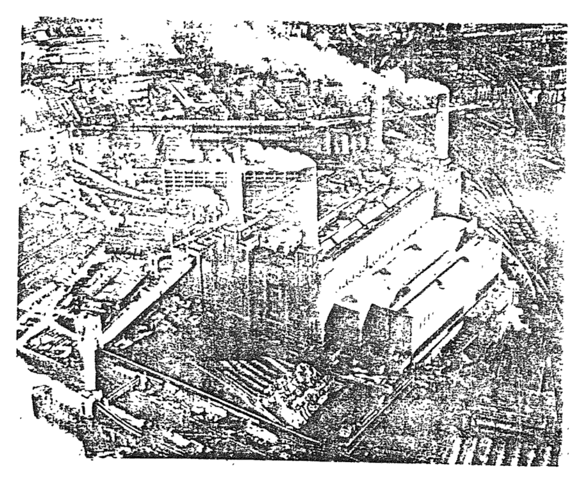
وهكذا أسهمت تكنولوجيا التقدم إلى جانب الزيادة المفرطة لسكان العالم فى وجود أكبر مشكلة تهدد العالم[١]، ألا وهى الزيادة الرهيبة التى وصل اليها التلوث الجوى، فلقد ثبت أن الخطر الذى يهدد الهواء يبدأ أولاً من الإنسان.

وعلى الرغم من أن التلوث الجوى ليس أثراً مباشر للمناخ، الا أن للظروف الجوية

---

(١) تقدر هيئة الأمم المتحدة أى عدد سكان العالم سوف ليصل إلى حوالى ٧ بليون نسمة فى منتصف القرن الواحد والعشرين. وبالتالى تكون المحافظة على نقاء الهواء بالتحكم فى معدل زيادة السكان.

السائدة أثراً كبيراً على معدل انتشار عوامله (رأسياً وافقيا) وإيضاً على تراكمه من حيث أن حالة الضغط والرياح تؤثر فى ذلك. وعليه تنشأ مشكلة تلوث الهواء نتيجة عاملين: أولاً: وجود شوائب عالقة بالجو (سواء اذا كانت على هيئة صلبة أو سائلة أو غازية) بنسب أعلى من معدلاتها الطبيعية فيه، وترجع زيادة التلوث إلى كثرة مصادر تلك المواد الغريبة فى الهواء فالدخان والغبار والأبخرة تأتى من عمليات الاحتراق بالمصانع وهذه تنتج من استعمال أنواع الوقود المختلفة بكميات تتزايد باستمرار، بالإضافة إلى مصادر أخرى عديدة كعادم السيارات والتبخر من السوائل الطيارة (كالجازولين). ثانياً: هدوء الهواء وعدم تحركه مسافات كافية لنقل وتشتيت ما به من غازات ملوثة، ومن الأسباب التى تعوق حركة الهواء وتساعد على سكونه وجود موانع ومصدات (مرتفعات - مبانى - الخ)، وبالتالى تحتجز الأتربة والأدخنة الملوثة فى درجة حرارة الجو مما يؤدى إلى تراكمها وزيادة تركيزها.



(شكل رقم: ٥-٧) الغازات والأبخرة المنطلقة من المصانع وما يتبعها من تلوث جو المدن التي توجد بها

وينتج عن زيادة مواد تلوث الهواء فوق المدن أن تنخفض فيها درجة الرؤية وتزداد

بها ظاهرة العجاج، حتى لتبدو مبانيها من بعيد وكأنها مغلقة بسحابة كثيفة من دخان المصانع ومخلفاتها التى تحجبها عن الانظار، فضلاً عن أن هذه المواد تمتص رطوبة الهواء وتكون بمثابة نوايات للتكثف. الا أن قطرات المادة التى تتكون فوقها عندئذ تكون أكثر استقرارا من قطرات السحب العادية، كما انها لا تتبخر بسرعة اذا ارتفعت درجة حرارة الهواء تبعاً لوجود بعض المواد الزيتية التى تميل إلى تكوين غطاء وقائى حول هذه القطرات الصغيرة يجعل من الصعب تبخرها أو تشتتها.

وتحت ظروف التلوث الجوى القاسية، نتيجة اختلاط وامتزاج مواد التلوث بالضباب، تنشأ بعض الأخطار التى تهدد بتسمم البيئة وتؤدى فى كثير من الأحيان بحياة الانسان إلى الموت، إذ تنتشر بعض الأمراض الخطوة (كأمراض القلب والجهاز التنفسى) المرتبطة بالتفاعلات الكيميائية بين مختلف أنواع التلوثات فى الهواء والتى ينتج عنها مركبات جديدة أكثر خطراً أحياناً من مواد التلوث الأصلية(١).

ولاتبتعد بيئة دلتا النيل عن هذه المشكلة، فهى تتعرض لقدر كبير من تلوث هوائها بالأدخنة والغازات المنبعثة من المصانع والسيارات. ولقد كشفت آخر القياسات الدقيقة لمدى التلوث فى هواء بيئة الدلتا عن أن أخطار التلوث لا تقتصر على المدن فحسب ولكنها تزحف أيضاً إلى هواء القرى(٢).

وكمجرد مؤشر لتلوث جو مدن دلتا النيل، أوضحت القياسات ارتفاع نسبة التلوث فوق منطقة القاهرة الكبرى، وحددت أسبابها فى عدة مصادر: (أولها) ازدياد النشاط الصناعى فى المنطقة خلال العشرين عاماً الأخيرة، اذ تمتلك أكبر منطقتين صناعيتين فى القطر (شبرا الخيمة وحلوان) تضمان عدة مئات من المصانع المختلفة الإنتاج، تتمثل فى مصانع الغزل والنسيج ومنتجات الصناعات الهندسية ومصانع لتعبئة الغاز الطبيعى، ومصانع الحديد والصلب والسماد، وأغلب هذه المصانع لا تتوافر من حولها الوسائل اللازمة للتحكم فى المخلفات المتسربة عنها إلى الهواء، مما يجعل النشاط الصناعى مصدراً كبيراً لتلوث هواء المدينة بالدخان والغازات والأتربة التى تشتمل على كميات هائلة من المواد القطرانية الناتجة عن احتراق البنزين والسولار. فقد قدر متوسط ما يسقط على المناطق بالقاهرة الكبرى (حلوان مثلا) من هذه المواد بأكثر من ٦٢,٥ طن للكيلومتر المربع (١٠٠ طن للميل المربع) فى الشهر الواحد، وهذه نسبة كبيرة اذا ما

(١) من الحالات الخطيرة والشهيرة للتلوث الجوى الشديد فى بعض أقطار العالم، مما أدى إلى وفاة ٣٦ شخصاً (ديسمبر ١٩٣٠) فى بلجيكا، و ٢١ شخصاً فى بنسلفانيا (الولايات المتحدة الأمريكية - أكتوبر ١٩٤٨)، ٤٠٠٠ شخص فى لندن (المملكة المتحدة - ٤:٩ ديسمبر ١٩٥٢).

Critchfield. J. H. (1968): Ibid. p. 327.

كما يقدر على سبيل المثال، عدد الذين يموتون بسبب تلوث الهواء فى الولايات المتحدة الزمريكية التى توجد بها أعلى نسبة تلوث فى العالم بحوالى ٢١٠٠ شخص سنوياً. (الأهرام ١٩٧٩/٧/١٠).

(٢) تقوم بأجراء هذه القياسات وحدة تلوث الهواء بالمركز القومى للبحوث - القاهرة.

[illegible]

[illegible] ... الجنوبية ... [illegible]

[illegible] ... اليوم ... [illegible] ... (٢).

[illegible]

[illegible]

[illegible] القاهرة [illegible]

[illegible]

المنطقة	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] رنيشر	[illegible] نعجيزة	[illegible] حرب
[illegible]	[illegible]	[illegible]	١٠٠	...	٨	٢٨,٩
٤ [illegible]	[illegible] الكرى	٦٠٠	[illegible]	٤٩٠	٥٤١	٥٤٢

(١) تنفرد منطقة [illegible] من مجموع [illegible] التي تزيد عن ١٠ [illegible] (تعداد ١٩٦٠) أعلاها من المنا [illegible] ... حوالي ٤٠٠ [illegible] يعمل فيها أكثر من ٥٦ ألف عامل.

(٢) حدث مثلاً في [illegible] مدطقة حلوان الصناعية، أنه بالرغم من التحذيرات بضرورة تجنب اقامة مساكن بالقرب [illegible] المصانع [illegible] الاسكان ببناء المساكن الشعبية بجوار المصانع مما يعرض سكانها للاصابة بأمراض خطير

(٣) أرقام [illegible] مستخرجة من [illegible] المركز القومي للبحوث القاهرة.

يبدو من الجدول أن أعلى درجات التلوث تحدث فى الساعة الثانية عشرة ظهراً تكون فى ميدان طلعت حرب، ففى هذا الوقت بالتحديد تصل كمية التلوث فى الهواء الذى يغطى الميدان إلى ٢٩ جزءاً وتنتقل درجات التلوث المرتفعة بعدئذ إلى ميدان رمسيس فى الساعة الرابعة مساء، حيث يلفه هواء تصل كمية التلوث فيه إلى ٦٤٧ جزءاً فى المليون.

ولرياح الخماسين التى تهب، كما نعرف ، فى الفترة من فبراير حتى يونيو أثرها فى تلوث الهواء بكثير من الأتربة والرمال التى تحملها وتلقى بها على القاهرة، وخلال هذه الفترة تتزايد أعداد من يصابون بالأمراض والأضرار الناتجة عن التلوث كأمراض القلب والرئة.

ويزيد الضغط السكانى فى مدينة القاهرة (المصدر الثالث) من تلوث الهواء، اذ يعيش فيها أكثر من ٥ مليون نسمة (تعداد ١٩٧٦)، وذلك بسبب تركيز الصناعات وفرص العمل والتعليم والخدمات، بحيث أصبحت بعض الأحياء الفقيرة بالمدينة مكتظة بالسكان لدرجة أنهم يزيدون من أفساد الهواء فى البيئة التى يعيشون فيها.

ولئن كان الحال كذلك ، ولكن بصورة مصغرة، فى كل مدن دلتا النيل تقريباً، فأن الصورة تختلف فى قراها وريفها باختلاف أسباب ومصادر تلوث الهواء فوقها. فتطوير الزراعة واعتمادها على المخصبات الزراعية والمبيدات الكيماوية، التى يعتمد عليها الفلاح فى مقاومة الآفات والأمراض والحشائش، تعد من أهم أسباب تلوث الهواء الذى يزحف على البيئة الريفية. اذ أن هذه المواد سامة وكثير منها يتميز بالثبات ولا يتعرض للتحلل البيولوجى بفعل الكائنات الدقيقة فى التربة، كما أنها تحدث خللا فى توازن البيئة نتيجة الاستمرار فى استعمالها. ولقد ثبت أن لوجود هذه المواد بالجو وتراكمها أيضاً فيه أثار ضارة، على كل من الإنسان والحيوانات، لذلك ينبغى أن توضع سياسة لاستعمال المواد الكيماوية التى تعتمد على أنسب وسائل الزراعة وطرق المقاومة اليدوية وعدم اللجوء إلى المقاومة الكيماوية الا فى الحالات الخاصة التى تصل فيها الإصابة إلى درجة تهدد اقتصاديات الزراعة.

ثالثا : المناخ والطاقة والاتصالات

يمكن أن تشكل عناصر الطقس المختلفة مصادر طاقة هامة، ومن تلك العناصر؛ الإشعاع، والرياح، والمطر. ومن الشائع فى الوقت الحالى فكرة البطاريات الشمسية المستعملة فى الأقمار الاصطناعية، غير أن مثل تلك البطاريات غير متوفرة للاستعمال عند سطح الأرض ، لأنها تبقى تحت ظروف تغيرات الإشعاع، وبذا تدلعلى عدم فاعليتها. ويمكن أن تستخدم حرارة الشمس فى تسخين أو تبريد المبانى، وتسخين الماء. وباستعمال عواكس على شكل مرايا ذات قطع مكافئ يمكن فى آلات طبخ الأطعمة بالإشعاع.

ويمكن أن تستخدم الرياح عن طريق تأثير ضغطها كمصدر طاقة طبيعي، وطواحين الهواء دليل على ذلك. والطاقة الناتجة عن فعل الرياح يمكن أن يعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$P = 2 \times 10^6 a V^3$$

حيث : P = الطاقة الناتجة (بالكيلووات)

a = مساحة السطح المعرض للرياح (م٢)

V = سرعة الرياح (كم / ساعة)

ولفاعلية واقتصادية الطاقة الناتجة، فإن سرعة الرياح يجب أن تكون فوق قيمة معينة، وهذه القيمة مقدارها ٣٠ كيلومتر / ساعة لفترة تزيد عن ٤٠ ٪ من الوقت.

ويعد المطر أيضاً عنصراً رئيسياً فى توليد الطاقة، وذلك عن طريق الجريان السطحى لمياه الأمطار. وطواحين الماء، والكهرباء المائية، أمثلة عن فاعلية المطر كمصدر من مصادر الطاقة. وكثيراً ما يخزن جزء من الطاقة الضخمة المصاحبة لسقوط الأمطار بإقامة السدود وخلق بحيرات مائية تستخدم فى استخراج الطاقة الكهربائية مثل بحيرة ناصر التى نشأت بعد بناء السد العالى.

وينقل كل من الطاقة والاتصالات فى كثير من دول العالم عبر كابلات علوية (هوائية). وتخضع تلك الكابلات للضغط الناجم عن العواصف الثلجية والظاهرات الجوية الكهربائية (الصواعق) والرياح، ويصبح الأمر خطيراً فيما إذا صاحبت العاصفة الثلجية رياح شديدة السرعة فى آن. وخلال ارتفاع درجات الحرارة بين لحظة وأخرى على عملية النقل (البث) وعلى عمل الأجهزة - كالمفاتيح (السويتشات) والعوازل والمحولات-. كما تعمل الرطوبة الجوية على الحد من عمل بعض قطع الأجهزة الكهربائية. ويتأثر استقبال أجهزة الراديو بالأحوال الجوية، حيث تؤثر على عمل الهوائى Antenne، كما ويتأثر الاستقبال بالتقلبات الجوية من خلال التغيرات التى تحدث فى انكسار الموجات.

وتبتعد الكابلات الممدودة تحت سطح الأرض عن تأثيرات الجو مما ينعكس على نقل الطاقة والاتصالات، وتكون تلك الكابلات ضد تأثير الماء، بالإضافة إلى أن مناخ تحت سطح الأرض يتصف بانتظامه الملحوظ. غير أن تكاليف الكابلات تكون باهظة، حتى بات سؤال الاقتصاديين عما إذا كان من الأفضل الإنفاق على الصيانة المستمرة، أو الإنفاق على تركيب كابلات جديدة. والارتباط وثيق بين حالة الطقس واستهلاك

الكهرباء، ويبدو تأثير عناصر الحرارة والرياح وقصر طول النهار على طلب الكهرباء حتى أمست الكهرباء تستخدم فى سائر مجالات الحياة.

رابعاً : المناخ والنقل والمواصلات

يعتمد نظام النقل فى منطقة ما على الظروف المناخية، ولهذا فإن ما يهم هو حالات الطقس المتطرفة أو الشاذة. إذ يتم التعامل هنا مع الظاهرات الجوية المتغيرة فى فترات قصيرة وليس مع الأحوال المناخية العامة. وغالباً ما تسبب تطرفات - أو شذوذ - الطقس متاعب كثيرة، حيث تزداد حوادث التصادم على الطرقات زيادة كبيرة. وأهم آثار الطقس على النقل تتم من خلال وجود الجليد، وتراكم الثلوج، والاضطرابات الجوية الشديدة، والأمطار الغزيرة، وضعف الرؤية. وبالإضافة إلى الآثار المباشرة الناجمة عن فعل العوامل السابقة، هناك آثار غير مباشرة، كحال تجوية المواد (تعرض مركبات وسائل النقل لأعمال التجوية) وتعديل التشحيم.

ويمكن أن يتم النقل بأربع طرق هى؛ الهواء، الماء، السكك الحديدية، والطرق البرية، ويتأثر كل منها بالمناخ وتقلباته كما يتضح فيما يلى:

النقل الجوي

تقوم مصلحة الأرصاد الجوية فى أقطار عديدة بتزويد الكثير من الخدمات إلى الطيران المدنى والعكسرى. ومن الواضح حالياً أن التوقعات الجوية الدقيقة والمتقدمة قد أدت إلى التقليل من مشاكل الطيران. ويبدو تأثير الأحوال الجوية على الطيران من حيث تأثيرها على المطار (المحطة) والطريق الجوى.

وتبدأ مشاكل المطار بتحديد موقع المطار. وتتعلق مسألة الموقع بالحالة المناخية، حيث يتطلب دراسات لفترة طويلة لما يخص؛ تكرار حدوث الضباب، والارتفاع المنخفض للطيران. وتعد المعلومات عن حدوث الرياح سرعة واتجاهاً، وارتفاع السحب، والرؤية، ذات أهمية جوهرية فى نجاح عمل المطار. ويبدو غريباً أحياناً، فى أن بعض مواقع المطارات اختيرت بشكل غير مناسب. وتكون للعلاقات المتداخلة بين العناصر المتيورولوجية غالباً أهمية كبيرة، كما فى الهبوط على ارتفاعات منخفضة مع رياح تهب من اتجاه معين. ويجب أن تمتلك كل المطارات معلومات من هذا النوع محللة إياها على خرائط فصلية ويومية، والخرائط اليومية تأخذ فى الحسبان تخطيط جدول مواعيد الطيران. ويتحدد توجيه المهبط أو المدرج حسب اتجاه الرياح السائدة، ذلك أن الطائرة فى هبوطها وإقلاعها تتفق مع الرياح السائدة تقريباً. كما يلزم معرفة درجة حرارة هواء المهبط لحساب استطاعة حمولة الطائرة أثناء إقلاعها.

ومن أهم العناصر المتيورولوجية التى تهم الطائرة فى رحلتها؛ سرعة الرياح، الاضطرابات، السحب، التجمد، والعواصف الرعدية. وتعد معرفة هذه الأمور من الأهمية بمكان لسلامة رحلة الطائرة، مدنية كانت أم عسكرية، علماً أن الطائرة العسكرية مزودة برادار، كما أنها تطير فوق مستوى الكثير من أخطار الطقس. والمعلومات عن العناصر السابقة تلزم لتأمين سلامة الطائرة ولاقتصاديات الطيران، كما يجب توفير معلومات كافية عن الرياح الخلفية (خلف الطائرة) والأمامية، ومستويات الطيران المثلى، وذلك بهدف الحصول على طريق اقتصادى أكثر، والذى يتجنب أيضاً مناطق الاضطراب التى تبرز حيث الحركة الرأسية للهواء، والتجمد الممكن حدوثه.

النقل المائى

أدرك الإنسان منذ آلاف السنين مدى تأثير المناخ على نقل البضائع والبشر عبر الماء. وحتى فى الوقت الحالى، كثيراً ما نقرأ أو نسمع خبر فقدان سفينة محملة فى أعالى البحار، وأن عدداً من الأحياء قد فقد فى البحر بسبب الطقس العاصف. وفى وقت استخدام السفن الشراعية كان الإنسان واقعاً تحت رحمة الرياح، وهذا يظهر كيف أن الإنسان فيما مضى استفاد من المعرفة المناخية محولاً تلك المعلومات التى يملكها عن الرياح – اتجاها وانتظاماً فى الهبوب – إلى منفعه اقتصادية.

وفى الوقت الراهن قد تكون الأهمية ليست كبيرة فيما إذا كانت الرياح تهب مسايرة أو معاكسة لوجهة السفن الكبيرة، علماً أن الرياح المعاكسة لها آثار أعظم بكثير من آثار الرياح المسايرة. ومن الواجب على السفن الصغيرة أن تحترس من الرياح القوية التى تحدث فجأة؛ فالسفن الساحلية وسفن البحيرات التى تكون غير مجهزة لمواجهة الطقس الردئ القاسى، فإنها تحتاج إلى تنبيه خاص عن الرياح العاصفية الممكن حدوثها حتى تحتاط منها. ويمكن أن تسبب الرياح العالية السرعة التى تصاحب مع أعاصير الهاريكين (التيفون) أضراراً بالغة فى السفن الصغيرة منها والكبيرة.

وللجليد تأثير خطير على النقل المائى، خاصة ذلك النوع الذى يعرف بالجليد الأسود الذى يترسب على السطوح المعرضة للرياح الشديدة البرودة – الرياح الثلجية –، ويؤدى تكرار حدوث الجليد إلى صعوبة عبوره من قبل السفن الصغيرة، وحتى السفن الكبيرة. والكثير من الطرق المائية العالمية تتجمد لفترة من السنة، ولذا ينبغى الاستفادة من المعرفة المناخية للتنبؤ عن المواعيد التقريبية لتجمد تلك الطرق وخلوها من الجليد. والمعلومات من هذا النوع ذات أهمية اقتصادية بارزة فى البحيرات الكبرى وما حولها فى أمريكا الشمالية، إذ اكتشف أن تاريخ تكسر الجليد يكون مرتبطاً بارتفاع درجة الحرارة

المتوسطة فى شهر فبراير. وفى المناطق أو الفصول التى تكون فيها فترة الجليد قصيرة، فمن الممكن استخدام محطات الجليد للمحافظة على القنوات الملاحية مفتوحة بصورة دائمة.

وتختار الموانئ عادة بشكل يتوفر لها الحماية من مخاطر الطقس خاصة الرياح العالية السرعة، والبحار العالية الموج، التى يمكن أن تضرب السفن الراسية قبل أن يكون لها الحظ لتنطلق خارج العاصفة. ويشكل الضباب خطراً على الموانئ، خاصة تلك التى تقع فى أو قرب المدن الكبرى حيث يحدث الضباب الدخانى.

وأثناء تحميل وتفريغ البضائع والسلع تكون الأحوال المناخية غاية فى الأهمية، حيث أن بعض السلع تتلف بتعرضها لعناصر المناخ. كما أن نقل المواد القابلة للفساد تتأثر أيضاً بالظروف الجوية، ولهذا يتقرر ما إذا كان من الضرورى استعمال التسخين أو التبريد للوقاية من التلف أو الفساد، والاتجاه الحالى لحل المشكلة هو بالتخزين ضمن السفن باستعمال ماء البحر البارد لتبريد المواد المخزونة، وهذا ما يجنب الحاجة إلى أجهزة التبريد الباهظة التكاليف.

وقد تتعرض الطرق المائية على اليابس - كما فى القنوات الملاحية - إلى موجة جفاف تسبب نقص فى كمية المياه الجارية، وبالتالى انخفاض فى حركة السفن أو حتى توقفها كلياً، كما يحدث أثناء السدة الشتوية فى مجرى نهر النيل وفرعيه والرياحات المائية فى مصر.

السكك الحديدية

كانت السكك الحديدية أداة فى فتح مناطق وبلاد عديدة، مساهمة أيضاً فى التطور السريع لتلك البلاد قبل اختراع الطائرة. ويبدى المهندسون فى مواجهتهم للمشاكل الكثيرة مع النقل بالسكك الحديدية أهمية للعوامل المناخية بعدما أصبحت السكك الحديد محط أنظار الناس وطمأنينتهم، حتى بعد أن أصبح السفر متاحاً فى الجو أو البحر أو البر. ففى حالة الظروف الجوية القاسية - من تراكم الجليدوالثلوج والرياح الشديدة - فإن الكثير من المسافرين يهجرون وسائل النقل الأخرى ويلجأون إلى السفر بالقطار لثقتهم بطريقه الدائم الآمن لهم ولبضاعتهم. وأثناء فترات الضغط المناخى على السكك الحديدية، فإن الإشارات والجسور تخضع لتأثير العناصر المناخية، بجانب مشاكل أخرى قد تحدث فى حالة تأثر شبكة الاتصالات نفسها بالأحوال المناخية..

ومع أن السكك الحديدية تلعب دوراً هاماً فى نظام النقل فى المملكة المتحدة، إلا أنها

تتعرض فى كثير من الأحيان لتأثير كل من؛ الجريان المائى السطحى الشديد، والثلج الشديد التراكم، والانزلاقات الأرضية، والرؤية المنخفضة، ودرجات الحرارة المنخفضة جداً، التى تحدث الدمار والخراب فى نظام السكك الحديدية. ويؤدى الطقس الجيد إلى اجتذاب مسافرين أكثر إلى السكك الحديدية، إلا أن التأثير الأكبر يكون على نقل البضائع. وفى المملكة المتحدة التى تتوفر فيها المياه، وتكثر الأراضى الزراعية، والتجمعات البشرية الكبيرة، تكون بحاجة كبيرة لوسائل نقل سريعة لنقل المحاصيل الزراعية ونتاج البحر إلى مراكز الاستهلاك خلال أقصر وقت ممكن للمسافة المعطاة التى تتحملها البضاعة دون أن تفسد. وفى أثناء الطقس الحار فإنه ينبغى إما استخدام التبريد أو العمل على إنقاص الزمن اللازم لنقل السلع.

الطرق البرية

يؤثر الطقس على الطرق البرية من خلال وجودها، وإنشائها، وعملها والمحافظة عليها. ففى أثناء إنشائها فإن موقع الطريق والمادة المستخدمة فى إعداده لتفادى مخاطر الطقس هى الأكثر أهمية. ففى المناطق الباردة جداً، على سبيل المثال، والتى تعانى من الجليد فإنه من غير الحكمة استخدام الطريق الأسمنتى، وفى أجزاء عديدة من روسيا تستخدم الطريق كتلاً من الخشب المغروسة رأسياً لتقليل تأثير الثقل الذى يحدث أثناء الاختلافات الفصلية. ولا تستطيع سطوح بعض الطرق من مقاومة تغيرات درجات حرارة السطح فى فترة الصيف التى ينجم عنها تمدد وتقلص يقودان إلى التشوه والاهتراء، وتزداد تكاليف الصيانة فى مثل هذه الطرق، خاصة الطرق غير المصقولة فيما إذا بقيت مفتوحة للمرور خلال الفصول المطيرة.

وفى الحالات التى يكون فيها الطقس رديئاً، فإن عوامل السلامة تنخفض؛ والرؤية المنخفضة تكون لها خطورتها على السفر بالسيارات. كما أن حوادث الانزلاق الأرضية تدعو إلى الحرص فى القيادة، والرياح العالية السرعة يمكنها أن تجرف السيارات من الطرقات فى الأماكن المكشوفة. أما إذا كان الطقس حسناً، فإن عدد مستخدمى الطرق سيزداد زيادة كبيرة، وقد ينجم عن ذلك إنخفاض حركة السير، وفقدان مرونة الحركة، ووقوع حوادث طرق. وفى الكثير من الطرق الجبلية – حيث التجمد الليلى – يلعب ذوبان السطح عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء النهار إلى ما فوق حوالى ٢٧° م دوراً بارزاً، كالدور الذى لاحظناه فى حال السكك الحديدية فى الطقس الحار، حيث تزداد مشاكل التدهور نحو المنخفضات.

المناخ وطرق النقل والمواصلات في بيئة دلتا النيل

ليس من السهل أن نحدد بدقة تأثير المناخ على طرق النقل ووسائل المواصلات فى بيئة دلتا النيل، كما هى الحال فى بيئات أخرى يظهر فيها تأثير هذا العامل أكثر وضوحا. فالدلتا لاتعرف ظروفا مناخية صعبة تقطع طرق النقل وتعرقل وسائل المواصلات كسقوط الثلج بكثرة، وهبوب العواصف الشديدة، وتراكم الضباب بكميات تزيد من إنخفاض الرؤية.

وأيا كان الأمر، فأن لحالة الجو فى دلتا النيل بعض التأثير فى هذا الشأن. فنظرا لأن كثيرا من طرق النقل هنا طرق ترابية، فأنها تتحول مع سقوط المطر إلى دروب من الأوحال التى تقف عائقا أمام وسائل المواصلات البرية (ماعدا السكك الحديدية) فينقطع بذلك الاتصال بين المحلات العمرانية، وبصفة خاصة الريفية منها. كما وقد تسبب العواصف الترابية التى تصاحب رياح الخماسين اضطراب حركة الطيران فوق الدلتا. حيث تقل الرؤية ويهبط مستواها مما يؤدى إلى خطورة هبوط الطائرات فى مطارات الدلتا (القاهرة - الاسكندرية)، وفضلا عن ذلك فأن شدة العواصف الهوائية على الجهات الساحلية فى فصل الشتاء لتؤثر على حركة الموانى (الاسكندرية - بورسعيد) إذ أن بوغاز الميناء يقفل أثناؤها وتمنع السفن من الدخول إليها. ونتيجة لحالات الاستقرار التى تسود جو دلتا النيل فى بعض أيام فصل الشتاء، فتجعله شديد البرودة ليلا، ودافئا نهارا، فيؤدى ذلك عادة إلى تكوين السحب المنخفضة والضباب فى الصباح الباكر، فتنخفض بذلك الرؤية وتغلق المطارات أمام الطائرات الهابطة، كما تكثر حوادث السيارات على الطرق البرية السريعة، سواء بين المدن أو داخلها. فقد حدث مثلا مع تكون الضباب الذى استمر لفترة ثلاثة أيام فوق الدلتا (٢٩ - ٣١ ديسمبر ١٩٧٠) أن أنعدمت الرؤية تماما، مما أدى إلى تصادم أربع سيارات على الطريق الزراعى (عند قويسنا وطوخ). وفى القاهرة تسبب هذا الضباب أيضا فى اصطدام ١٠ سيارات دفعة واحدة فى شارع رمسيس.

ومن جهة أخرى ، فأن للظروف الجوية فى دلتا النيل، بما تمتاز به من ظواهر مناخية قلما نجدها فى بيئة أخرى، تعمل على تسهيل وسائل النقل والنقل النهرى بصفة خاصة، فبحكم البيئة النيلية فى الدلتا التى تتميز بأن أى مكان فيها لايبعد عن فرعى النيل وترعة الملاحية بأكثر من كيلو مترات قليلة، تظهر أهمية النقل النهرى من حيث ربط جهاتها ببعضها البعض، ولايتم ذلك إلا بتضافر الرياح مع تيار الماء فى الفرعين، فالرياح الشمالية السائدة تساعد الملاحة ضد التيار نحو الجنوب. والنهر بانحداره من الجنوب انحدار تدريجيا (١ : ١٤,٠٠٠) يسهل الملاحة نحو الشمال.

الفصل الثامن

المناخ والسكن وبيئة الحضر

(مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل)

المناخ والسكن وبيئة الحضر

(مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل)

مقدمة

لقد عاش أجداد الإنسان العاقل عراة حفات معرضين لتأثير الظواهر الجوية مباشرة، ثم ما لبثوا أن شعروا بالحاجة الماسة لحماية أنفسهم من قسوة الطقس وتقلباته بعدما أخذوا بالتنقل الي مناطق أخرى، كما أصبحوا أقل وقاية طبيعية١. وإذا كان الإنسان فى مراحل تطوره الأولى تعوزه التقنيات التى تتوفر للإنسان الحالى والتى وفرت له مسكنا يأوى إليه عون ويجد فيه جواً يتلاءم مع متطلبات جسمه، فما كان أمام الإنسان الأول سوى القبول بالمأوى الذى زودته به الطبيعة والذى كان على شكل كهوف. ولقد وجد الإنسان القديم فى الكهوف ضالته، حيث أنه حماه من هجوم الاعداء من جهة والحيوانات المفترسة من جهة ثانية، كما وقاه من قسوة الطقس من جهة ثالثة.

وإذا كانت حياة الإنسان الأولى قد اضطرته إلى العيش فى مدخل الكهف لكى يحصل على كفايته من الضوء فى أثناء ساعات النهار، فأنه فيما بعد اكتشف النار التى ساعدته بضوئها وحرارتها على إستقرار حياته داخل الكهف، ولقد أوضح سوتون Sutton (١٩٤٥) من خلال دراسات قام فيها فى مصر، كيف أن المدى الحرارى اليومى يتغير من ٤٠ ْم فى خارج الكهف إلى ١١ ْم عند مدخل الكهف، ليتناقص الى أقل من ٣ ْم على مسافة ١٥٠ متر من مدخل الكهف. وفى المناطق الحارة فان درجة الحرارة الخارجية المرتفعة جداً تتحول إلى درجة حرارة منخفضة مع ارتفاع فى نسبة الرطوبة (تقارب من ١٠٠ ٪) فى داخل الكهف ولقد كان سكان استراليا الأصليون يبنون لأنفسهم بيوتاً بسيطة مكونة من جذوع الأشجار ومتخذة شكلاً مزوى - وليس عمودياً - كى تقلل نسبة الفاقد من الحرارة بالاشعاع الليلى. وجاء استخدام الخيام Tents تلبية لحاجة البدو الرعاة المتنقلين مع قطعانهم تابعين الأمطار وأماكن نمو الكلا. ولقد وفرت تلك الخيام للبدو الحماية من الأمطار والاشعاع الشمسى، كما سمحت بالتهوية التى كانت تقوم بعملية التبريد وتلطيف الجو.

وما أن بدأ الإنسان فى الاستقرار حتى تحول إلى المواد الطبيعية المتوفرة فى بيئته، وهى أما الأخشاب أو الصخور أو الأتربة يستخدمها فى بناء سكن يحمى نفسه وعائلته

حماية ملائمة لكافة فصول السنة. وعبر السنين الطوال طور الانسان نموذج بنائه من خلال وسائله المحددة آخذاً فى الحسبان التطور التكنولوجى، بهدف الى الحد الأدنى من التطرفات فى طقس المنطقة التى يعيش فيها، وكانت ملاحظاته الدقيقة المستمرة معينا له فى وضع التصميمات الملائمة لأماكن سكناه.

ولقد أدرك معظم مهندسى العمارة فى الوقت الحاضر أهمية تأثير المناخ على المبنى. فالدراسات التى قدمت فى هذا الميدان تعد نقطة بداية أصيلة. وبعد أن تأكدت أهمية هذه الدراسات عقدت منظمة اليونيسكو ندوة خاصة فى أثناء انعقاد المؤتمر العالمى الثالث للأرصاد الجوية الحيوية فى عام ١٩٦٣ لدراسة المناخ داخل الغرفة Indoor Climate فى المناطق الجافة والرطبة، وكذلك الموضوع الذى نشرته اليونيسكو (١٩٧١) والذى يركز على المناخ ودوره فى تصميم المسكن وبخاصة ما يتلاءم مع المناخات الحارة.

أولا: المناخ وتصميم المسكن

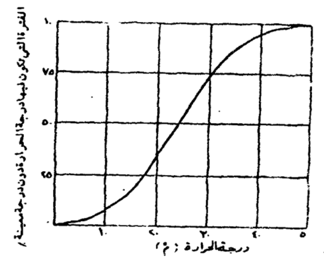
تلعب الظروف المناخية السائدة دوراً كبيراً فى تحديد العديد من مظاهر المبنى؛ كاختيار الموقع، ومولد البناء المستخدمة. ويمكن تلخيص المعلومات المناخية الرئيسية التى يحتاجها المهندس المعمارى فى أربعة عناصر مناخية هى: درجات الحرارة، التهوية، وضغط الرياح، ضوء النهار، والتساقط.

(١) درجات الحرارة

لمعرفة الشحنة الحرارية على أى مبنى ينبغى أن نعلم دور العناصر المتعددة المتحكمة فى معادلات توازن السخونة، وأن نعرف ذلك بالنسبة لفصول السنة المختلفة، وينبغى على المهندس المعمارى أن يعرف درجات حرارة الهواء، والاشعاع الشمسى، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، بالاضافة إلى ذبذبات تلك العناصر المتكررة. والعلاقات المتداخلة بين تلك المتغيرات. ولكن لسوء الحظ لا تتوافر معلومات دقيقة وذات قيمة ألا لمناطق محدودة المساحة فى العالم، كما أن تلك المعلومات قد لا تتوافر على مستوى المناخ التفصيلى للمكان. وفى أثناء الممارسة العملية فأن المهندس المعمارى الذى يمتلك قدراً كبيراً من المعرفة بالظواهر المناخية العامة للمنطقة وترددادتها تعطيه القدرة على فهم الكثير من الاختلافات التى ترجع الى عوامل المناخ التفصيلى فى مكان ما (على موسى، ١٩٨٢).

وتعد معرفة الصفات الحرارية بالاضافة إلى الرطوبة النسبية من التفاصيل الهامة التى ينبغى معرفتها. وتبدو المشكلة هنا حول كيفية أعداد المعلومات المناخية للمهندس المعمارى، ولربما تكون طريقة تمثيل درجات الحرارة والزمن فى شكل بيانى أفضل طريقة (شكل رقم: ١-٨) وبوجه عام ليست هذه هى الطريقة الوحيدة لاعداد المعلومات الحرارية، ذلك أنه

بالإمكان الحصول على بيانات مفيدة عن درجة الحرارة تستمد أما من المتوسط الشهرى للحرارة العظمى والصغرى، أو من درجات الحرارة المتطرفة التى يمكن حدوثها فى هذه المنطقة أو تلك.



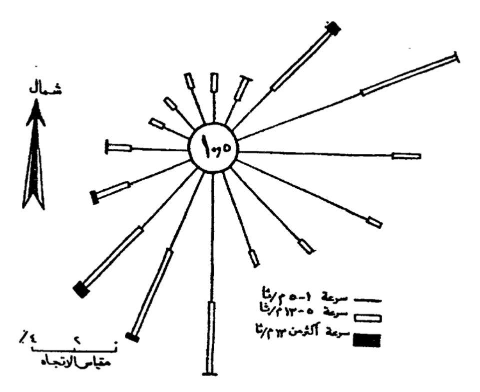
(شكل رقم: ١-٨): توزيع درجات الحرارة مع الزمن

(٢) التهوية وضغط الرياح

تقوم وردة الرياح المركبة بتمثيل عنصرى الاتجاه والسرعة للرياح لأى شهر من شهور السنة (شكل رقم: ٢-٨). ولذا ينبغى أن تتوفر معلومات تفصيلية عن اتجاهات الرياح وسرعتها حتى يمكن اعطاء صورة واضحة عن التهوية وضغط الرياح على موقع ما. وإذا كانت المعلومات المستمدة من محطة أرصاد جوية قريبة للموقع سيتمكن المراد البناء فيه مناسبة للاعتماد عليها مباشرة، فأن المناخى بعد فحص الموقع من تقرير ما اذا كان موقع البناء يمكن توفير الحماية له من الرياح الضارة باستخدام مواد طبيعية أو من صنع الإنسان، أو أنه معرض ومكشوف الى حد كبير لأضرار الرياح بحيث تستلزم وقايته جهود كبيرة ونفقات مادية باهظة.

وحيث أن سرعة الرياح تتزايد مع الارتفاع من سطح الأرض لذا فأن على المصمم أن يدخل ذلك فى حسابه، وعليه أيضا أن يأخذ فى الحسبان أن هذه القاعدة تنطبق فقط على المناطق التى تهب فيها الرياح لفترات طويلة وحيث تكون السطوح منتظمة الى حد ما، كما أنها لا تنطبق على المدن أو الضواحى ذات المبانى أو الكثيفة. ولقد أظهرت الدراسات المتخصصة ان سرعة الرياح فى الطوابق الأولى فى مدينة مركزية مكشوفة تكون ثلث سرعتها فى الهواء الحر، لتتزايد الى حوالى الثلثين فى الطوابق الوسطى ومناطق الضواحى، ولتتعادل السرعة فى الطوابق العليا مع سرعة الهواء الحر. ويمكن أن

نستمد من دراسة حركة الهواء فى الأراضى الغابية والفسحات الموجودة بينها الكثير من المعرفة عن حقيقة اختلاف ضغط الرياح وسرعتها مما يعطى الفرصة لاختيار موقع جيد للبناء (على موسى، ١٩٨٢).



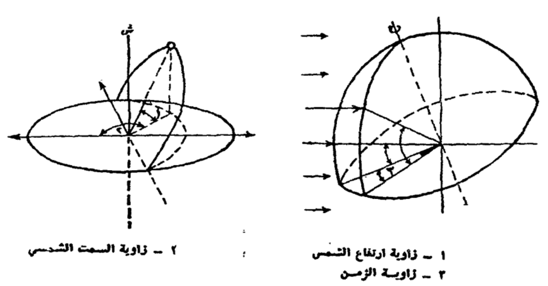
(شكل رقم: ٢-٨): وردة الرياح المركبة، سرعة واتجاه،

ولضغط الرياح على المبنى أهمية كبيرة، فالمبنى يجب أن يصمم على أساس امكانية مقاومته للرياح الشديدة. ويتناسب ضغط الرياح طرداً مع مربع سرعة الرياح مضروبا فى العامل المعتمد على شكل المبنى. فبالنسبة لمنزل سكنى فأن ضغط الرياح الديناميكى عليه يكون حوالى ١٤ جرام/مترمربع فى حالة سرعة الرياح تقارب من ١ كيلو متر/ساعة، ويرتفع هذا الضغط الى حوالى ٢٥ كيلو جرام/متر مربع عندما تصل سرعة الرياح إلى ٥٠ كيلو متر/ساعة.

(٣) الضوء

للاضاءة الطبيعية دور لا يقل أهمية عن دور الكثير من العناصر المناخية الأخرى، إلا أنه إذا كانت فاعلية بعض العناصر - كالرياح - تتضح فى الاجزاء الخارجية من المبنى، فأن الاضاءة تتركز فى داخل المبنى. واذا كانت المعلومات المتوافرة عن الضوء قليلة - لأن القياسات التى تقدمها محطات الرصد الجوى والتى تنحصر فى عدد ساعات شروق الشمس، وكمية الاشعة الواصلة الى السطح - لا تحقق كل ما يتطلبه المصمم. لذا فأن

الاتجاه لحل هذه المشكلة يعتمد على زاوية ميل الاشعة، والوجهة التى تأتى منها هذه الاشعة، والمدى الزاوى لتغير هذه الوجهة. وهذا يستلزم معرفة زاوية ارتفاع الاشعاع Solar Altitude(١)، وزاوية السمت الشمسى Solar Azimuth(٢)، وزاوية الزمن Hour Angle(٣)، وتتبع أهمية هذه الزوايا من أنها تحدد موقع الشمس بالنسبة لمكان ما على سطح الأرض مما يسهل معرفة كمية الاشعة الشمسية التى يتلقاها، وتسهل أيضا معرفة زاوية سقوط الاشعة وكذلك معرفة المساحة المعرضة لأشعة الشمس والمظللة فى الاسطح المختلفة. وباستخدام الزوايا الشمسية السابق ذكرها (شكل رقم: ٣-٨)، يمكن صنع خرائط تقدم صورة عن حركة الشمس النسبية طوال العام بالنسبة لمكان ما. كما أن معرفة زاوية سقوط أشعة الشمس على الاسطح الأفقية والعمودية لأى بناء طول النهار يسهل على المعمارى ادخال الوسائل المناسبة فى تصميم المبانى لحجب أشعة الشمس عن بعض أجزاء البناء أو السماح لها بالنفاذ الى الداخل. ومما لا شك فيه أن المعلومات السابقة تعطى الفرصة الكبرى للمصمم لتحديد الكثير من مواصفات البناء؛ كموقع منافذ المناور، وحجم وموقع سقف الشرفات التى تحجب أشعة الشمس العالية والتى تسمح للأشعة الأقرب الى الوضع الافقى من الدخول الى الغرفة.



(شكل رقم: ٣-٨): الزوايا الشمسية

---

(١) زاوية ارتفاع الشمس، هى الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس، والمستوى الأفقى الذى يمر فى المنطقة المذكورة على سطح الأرض.

(٢) زاوية السمت الشمسى: هى الزاوية المحصورة بين الخط المار فى النقطة على سطح الأرض والمتجه جنوبا، وبين المسقط الأفقى للخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض والشمس.

(٣) زاوية الزمن: هى الزاوية الواقعة على المستوى المار فى خط الاستواء والمحصورة بين مسقط الخط الواصل بين مركزى الأرض والشمس، ومسقط الخط الواصل بين مركز الأرض والنقطة على سطح الأرض.

(٤) التساقط

لسقوط الأمطار تأثير فعال على الأجزاء الخارجية الظاهرة من المبنى، فهى تؤثر فى المواد الداخلة فى المبنى، كما تؤثر فى الطبقة الخارجية المقاومة، وعلى مجارى الماء. وعندما تصاحب الأمطار رياح شديدة السرعة فأن تأثير الأمطار قد يصل حتى الأجزاء الداخلية من المبنى. وفى الوقت الحالى عرفت أهمية زاوية اصطدام المطر، ففى اقليم مدينة لندن تتفاوت زاوية اصطدام المطر الساقط من ٣٠ درجة عن الوضع العمودى فى الشتاء الى ١٥ درجة فى الصيف. وفى كثير من المناطق المدارية تسقط الأمطار بغزارة شديدة، وفى وضع أقرب إلى الوضع العمودى. وفى حالة معرفة اتجاه الرياح السائدة فأنه من الممكن صنع شرفات وجدران واقية تحمى جدران المنازل المكشوفة من وطأة المطر.

ولقد درس ثين Thein (١٩٣٨) مدى اختراق المطر للمنازل، واستنتج العلاقة التالية:

$ق = م_{ن} \times س^{٢}$

حيث ق = مدى اختراق المطر، م ن = أقصى كمية مطر فى خمس دقائق (بالملليمتر)، س = سرعة الرياح خلال خمس دقائق (متر / ثانية).

وتبدأ الامطار بالاختراق حينما تصل قيمة (ق) الى أكثر من ١٠٠. وتظهر هذه العلاقة أهمية غزارة الأمطار الساقطة فى فترة زمنية قصيرة كعامل أساسى، لذا ينبغى على المصمم أن يوفر وجود سقف كاف وأرض لتصريف الماء، وذلك فى حالة تجمع مقدار كبير من الماء فوق سطح التجمع؛ فمثلاً، نجد ان سقوط كمية من الأمطار مقدارها ٥ ملليمتر فوق سقف مساحته ٥٠ مترا مربعا تعادل حوالى ٠.٢٥ مترا مكعب من الماء (٢٥٠ كيلو جرام متر).

(٥) المناخ وموقع المبنى

اذا كان المناخ العام يشتمل بين ظهرانيةعلى المناخ التفصيلى، فأن مناخ مكان ما لا يتحدد بواحد منهما فقط، بل هو نتيجة لمؤثرات المناخ العام من جهة والمناخ التفصيلى من جهة أخرى. وإذا كانت معلومات المناخ العام التى يتطلبها المهندس المعمارى متوافرة لكل الامكنة تقريبا، فأن معلومات المناخ التفصيلى قليلة رغم أهميتها. ومما لا شك فيه أنه فى النماذج المناخية كافة يسود المناخ العام، إلا أن المناخ التفصيلى بامكانه أن يعدل من الاشكال المناخية العامة. وتحدث التعديلات أو التغيرات التى تصيب المناخ العام بفعل التضاريس المحلية، والمسطحات المائية، والغطاء الأرضى. فالتضاريس يمكنها أن تغير من شحنة الاشعاع على بناء ما بسبب الظل أو الانعكاس، إلا أن التأثير الرئيسى يظهر جليا على حركة الهواء، حيث تعمل الأودية كقنوات تحدد وجهة سير الرياح، كما أنها

تعطى دفعا للحركة الهابطة للهواء، وتساعد على تشكيل بحيرات من الصقيع. وبالإضافة إلى ذلك فأن المتحدرات المكشوفة تؤدى إلى ازدياد الجهد البنائى، كما أن الرطوبة التى تجلبها الرياح المتزايدة السرعة تكون أكثر. وإذا كانت حركة الهواء تلعب دوراً محدداً فى تعديل درجات الحرارة والرطوبة، فأن تأثيرها يكون كبيراً من حيث أنها تقوم بنقل الملوثات من مناطق بعيدة.

وينبغى أن يؤخذ قرب الموقع من المسطحات المائية الكبيرة فى الحسبان، وذلك نتيجة لوجود ظروف مناخية محلية متمثلة فى هبوب نسيم البر والبحر، وما لهذا من دور فى اختيار موقع المبنى، خاصة وأن درجات الحرارة تتعدل فى الليل كما فى النهار. والغطاء الاصطناعى للسطح المواجه لهبوب الرياح السائدة له تأثير بارز على المناخ: فعلى سبيل المثال ترفع الامتدادات الكبيرة لمادة الإسفلت أو الحجارة أو الخرسانة المسلحة كالتى تشاهد فى أماكن وقوف السيارات أو أرض المطارات أو طرق السكك الحديدية، من درجات حرارة الهواء أثناء الظهيرة التى يمكن أن تؤثر فى المواقع المجاورة.

وإذا كانت الأراضى التى تغطيها الحشائش أو التى تسود فيها الأشجار تعدل من درجات الحرارة المرتفعة فى أثناء النهار، فأن زيادة الرطوبة النسبية تخلق شعوراً ببرد ليلى رغم أن فقدان الحرارة يكون أقل مما لو كانت الأرض جرداء خالية من النبات، ومع هذا فان درجة الحرارة الليلية فى الأراضى المعطاة بالنباتات تكون أعلى مما فى الأراضى الجرداء. وتؤثر المنشآت المجاورة فى المناخ بعدة طرق، فهى تقف فى مواجهة الاشعة الشمسية بحيث تحجبها عن بعض المواقع مما ينتج عنه آثاراً عدة فى المدينة.

(٦) التكييف (أو التعديل) بواسطة المناخ والتصميم

ذكرنا سلفاً ان لموقع المبنى مناخاً خاصاً ينفرد به، والذى من الجائز أن يكون مناخا غير مرغوب فيه. وعلى أية حال، فأن الاتجاه المنطقى نحو ايجاد مناخ تفصيلى مرغوب فيه يركز على مواد المبنى والتصميم والموقع. ورغم أخذ المبانى الفردية فقط فى الحسبان إلا أنه من الممكن أن تمتد فكرة التكييف أو التعديل المناخى هذه لتتضمن مظاهر تخطيط المدينة، كاقامة المنتزهات، وتوسيع الشوارع، فما المبانى سوى مركب من المواد؛ كمواد المبنى الصلبة التى تمتص الاشعة وتعكسها أو الزجاج الذى يمتص ويعكس ويمرر أشعة الشمس. واذا كان المطلوب هو تدفئة المبنى فأنه ينبغى أن تكون مادة المبنى من النوع الذى يسمح بدخول الاشعة الى المبنى ليتم امتصاصها من قبل الجدران الداخلية ليعمل على تسخين هواء الغرفة، أما اذا كان المطلوب هو العكس أى التبريد فأنه يجب العمل على التقليل من دخول الاشعة الحرارية الى المبنى.

ولتوجيه المبنى أهمية كبرى بالنسبة للتكييف والتلاؤم المناخي والتصميم على المستوى الاقليمي. وتعد عملية توجية المبنى على مكان معين مسألة تحتاج إلى اهتمام خاص. فالمباني المتناظرة على جانبي شارع متعاكسين لها مناخات مختلفة، فقد يوجد في المبنى مطبخ يكون معرضا لاشعة الشمس في النهار، بينما الآخر يكون واقعا تحت تأثير الرياح الشمالية الباردة ولا تدخله أشعة الشمس.

ومما لا ريب فيه أن زاوية سقوط أشعة الشمس تحدد كمية الطاقة الحرارية الواقعة على هذاالسطح أو ذاك، فكلما كانت الاشعة الشمسية الساقطة على سطح ما أقرب إلى الوضع العمودى ازدادت كمية الطاقة الحرارية الواقعة عليه. ففي العروض العليا تكون كمية الاشعة التى تتلقها الجدران الشمالية قليلة، وهكذا الحال أيضا في العروض المعتدلة، حيث نجد أن الجدران الجنوبية هى التى تتلقى معظم الحرارة الاشعاعية. فالواجهات الجنوبية تتمتع بخصائص متميزة عن غيرها من الواجهات بسبب أن شدة أشعة الشمس التى تسقط عليها لفترة أطول خلال النهار تكون أكبر، وهذا ما يظهر بصورة أوضح كلما ابتعدنا عن خطى المدارين تجاه القطبين. أما في المناطق الاستوائية حيث تتحرك الشمس في حركتها الظاهرية - شمالاً وجنوباً -خلال السنة، يكون الاختلاف بسيطاً في كمية الاشعة التى تتلقاها الجدران من أى اتجاه. وفي المناطق شبه المدارية فإن أشعة الشمس الصباحية قد تكون أكثر تلطيفاً من الأشعة المسائية، حيث أن أشعة المساء تأتى في الوقت الذى مازالت فيه درجة حرارة الهواء مرتفعة، وبذا فأنها قد تسبب زيادة في التسخين، وتعطى شعوراً بعدم الراحة. واذا كانت للواجهات الجنوبية للمبانى في العروض المعتدلة والعليا تلك الخصيصة التى تحدد امكانية حصول تلك الواجهات على أكبر كمية ممكنة من الأشعة الشمسية التى تساهم في خلق الدفء، خاصة في فصل الشتاء، فأن الأمر يتطلب التقليل من الحرارة في فصل الصيف، وذلك يحجب تأثير الأشعة الشمسية، وهذا يمكن أن يتم ببناء مظلة فوق الحائط الجنوبى ممتدة الى الخارج بحيث تحجب أشعة الشمس أثناء الصيف ساعات طويلة، بينما لا تعرقل نفاذها الى داخل المبنى في الشتاء. وهكذا يمكن القول أنه في حالة تقديم تصميمات معمارية مراعية للظروف المناخية، فأنه بالامكان الاستفادة من الموارد الطبيعية للحد ما أمكن من التكاليف الصناعية (على موسى، ١٩٨٢).

أما يما بالنسبة بحركة الهواء، فمن غير المرغوب فيه أن يكون الجانب الطويل من المبنى معرضا للرياح الشديدة السرعة، إلا فيما يتعلق بأغراض التبريد. ولأجل الراحة، ولتقليل فقدان الحرارة فأنه ينبغى أن توفر للمداخل حماية كلما أمكن ذلك.

المناخ الداخلي للمبني (مناخ الغرفة)

فى كل ما ذكرناه سلفا كان الاهتمام بمعالجة المناخ الخارجى للمبنى إلا أن ما يهم القاطنين هو المناخ الداخلى (مناخ الغرفة). فقد يكون المناخ خارج الغرفة مزعجا، إلا أن مناخ الغرفة قد يكون مريحا. ويعتمد مناخ الغرفة على عدة عوامل تتضمن؛ المناخ الخارجى، مواد المبنى، التوجيه، حجم النوافذ وشكلها، التهوية، وكذلك الاضافات الاصطناعية الممثلة فى التسخين والتبريد.

لقد قام الباحثون المتخصصون بأخذ قياسات لدرجات الحرارة أثناء الظهيرة فى يوم سماؤه صافية لكل من الاسطح الخارجية والداخلية للجدران (جدران الغرفة). وأظهرت تلك القياسات أن هناك فرقا مقداره ٢٢° مئوية بين درجات الحرارة الخارجية للجدران المشعة وغير المشعة، تنخفض هذه القيمة إلى قرابة ٣° مئوية – فى الداخل – فيما بين الاسطح الداخلية للجدران نفسها. كما تبين أن الجدار القرميدى البالغ سماكته ١٠ سنتيمترا يخفض المدى اليومى للحرارة فى الداخل الى حوالى $\frac{١}{٦}$ ما هو عليه عند السطح الخارجى للحائط.

أما فيما يتعلق بالتلكؤ أو التأخير فى فترة حدوث درجات الحرارة المتطرفة داخل المبنى مقارنة مع خارجه، فأن التلكؤ يكون عموما فى حدود ٣–٤ ساعات. وتتطابق الفترة الأشد حرارة داخل الغرفة مع الفترة التى تقوم فيها العائلات بالطبخ وتناول الطعام مما يرفع من كمية الحرارة. وإذا ما أراد قاطن الغرفة أن يحظى بالراحة فينبغى عليه أن يحافظ على أرضية الغرفة وجدرانها دافئة، وأن يعطى أهمية لعاملى فقد الحرارة بالاشعاع والتوصيل. لذا فأن الجدران ذات السعة الحرارية الكبيرة هى الأفضل إذ أنها تحفظ درجات حرارة أعلى أثناء ساعات الليل، وهذه حقيقة مفيدة واقتصادية يستفاد منها خلال نوبات البرد الطويلة. وتفقد أرضية المبنى الاسفلتية حرارة أكثر مما تفقده الأرضية المكونة من الخرسانة (الاسمنت المسلح)، بينما تكون الأرضية المكونة من خشب صلب حافظة جيداً للحرارة. وإذا كانت الأرضية الطينية والجدران المكونة من الطوب اللبن تمنح جو الغرفة مميزات متمثلة فى الحفاظ على درجات حرارة معتدلة، فأن الجدران الاسمنتية لانخفاض سعتها الحرارية مقارنة مع الجدران الطينية تجعل التطرفات الحرارية داخل الغرفة واضحة بشكل بارز. وكلما ازداد سمك الجدران ازدادت كتلتها وكبرت سعتها الحرارية، لهذا فأن الجدران السمك تفضل على الجدران القليلة السمك. وفى الوقت الحالى شاع استخدام مواد عزل حرارية خاصة توضع إما فى داخل الجدران أو عند خارجها للابقاء على جو غرفة داخلى مقبول. كما أن لون الطلاء المستخدم لأسطح الجدران الخارجية له دور فى تحديد كمية الحرارة الممتصة والمنقولة إلى اسطح

الجدران الداخلية، فالطلاء المائل للسواد قدرته الامتصاصية أكبر من قدرة الطلاء المائل للبياض. كما أن استعمال النوافذ ذات الزجاج المزدوج (طبقتين من الزجاج) مع وجود مسافة قليلة بين طبقتى الزجاج كفيل بتقليل الحرارة المنقولة بالتوصيل، ذلك لأن الهواء ناقل ردئ للحرارة. وتعد التهوية الكافية ضرورة هامة فى الغرف كافة. ويكون الهواء - فى الغرف - منطبقا حراريا حسب كثافته، حيث يكون الهواء البارد عند مستوى الأرض والهواء الحار بالقرب من السقف، وفى حال القيام بأى تهوية طبيعية - عبر النوافذ - أو اصطناعية - بواسطة المراوح - فأن الهواء يميل نحو الاستقرار منطبقا حسب كثافته.

التسخين والتبريد

من غير الممكن فى دراسة التسخين والتبريد دراسة المبانى جميعها معا، بل من الأفضل تقسيمها الى نوعين هما: المبانى العامة التى يمكن أن يحتشد فيها عدد كبير من المترددين والعاملين، والمبانى الخاصة.

ورغم الأزمة الحالية للطاقة، فأن المشاكل المناخية فى المبانى العامة الكبيرة تعتمد فى حلها على بناء مقصوره كبيرة بنوافذ أو دون نوافذ تستخدم فيها الاضاءة الاصطناعية والتكييف الهوائى الذى يوفر أجواء مثلى للعاملين والمترددين الذين يمكثون فيها. ولهذه الطريقة محاسن اضافية فى المدن الكبيرة، فالنقص فى النوافذ المفتوحه يقلل من تلوث الهواء داخل المبنى، وبالتالى فان الاشخاص يستنشقون هواء نظيفاً ونقياً. وبهذه الطريقة يمكن توفير ظروف مثلى للعمال فى أماكن عملهم مما يعمل ذلك على زيادة فى الانتاج. غير أن تكلفة التكييف الهوائى المرتفعة يمكن أن تكون أكثر من التعويض إلا أن هناك بعض الآثار النفسية السيئة على العمال فى تلك المجمعات البنائية الكبيرة الخالية من البيئة الخارجية (على موسى، ١٩٨٢)..

وعلى الرغم من أن وجود أجهزة التبريد والتسخين أصبح ضرورة لكل بناء فى أماكن معينة، غير أن التكلفة المبدئية والجارية يمكن أن تخفض بالاستفادة من المعطيات الاساسية لظواهر الجو التفصيلية. فمثلا؛ استعمال مصدات الرياح توفر الحماية للبناء من تأثيرات الرياح الشتوية الباردة، بينما تستطيع الاشجار العالية أن تظلل مساحات كبيرة من سطح السقف والجدار. وفى انجلترا الجنوبية حيث موجات البرد الشديدة المصاحبة عموماً لرياح شرقية، فأن إيجاد حزام واق من الأشجار أو السياج الى الشرق من المبنى يمكن أن يبرهن على الفائدة العظيمة منه. وفى تكساس بالولايات المتحدة حيث الرياح الباردة تهب من الشمال فأن الحزام الواقى يأخذ وجهة شرقية وغربية.

أما بالنسبة للمباني الخاصة فمن الضروري العودة الى مفهوم التصميم المعتمد على أخذ الظروف المناخية في الحسبان، بجانب الاسلوب المستعمل في اعداد وتنفيذ التصميمات في السنوات الحديثة. فطبيعة المواد الداخلة في المبنى، والتهوية الطبيعية، ووسائل التظليل، والفسحات الارضية كلها أمور هامه ذات فائدة محسوسة، فمثلا؛ تشكل حافات النوافذ البارزة للخارج والشرفات حواجز تحجب أشعة الشمس القريبة الى الوضع العمودي عن داخل الغرفة، لكنها تسمح بدخول أشعة الشمس المنخفضة عند الصباح والمساء في فصل الشتاء. وإذا كان الأمر كذلك فأنه من الممكن القول أن درجات الحرارة المحصورة بين ١٣ - ٢٨° مئوية في الهواء الخارجي يمكنها أن تؤدي إلى وجود ظروف جوية جيدة في داخل الغرفة (علي موسى، ١٩٨٢).

ويزداد الصعوبة عند معالجة السكن في أحياء ذات الكثافات السكانية المرتفعة، بسبب أن نماذج التهوية الطبيعيه تتغير بشكل سريع. ويزداد المشاكل الناجمة عن القوانين المحلية المحددة لدخول الضوء، وسعة المبنى. ويجب أن تستفيد المباني من الحماية الناتجة عن نمو النباتات، كالأشجار الظليلة والاعشاب التي تقلل من الأشعة المنعكسة.

ولتقدير كمية استهلاك الوقود في المباني يمكن استخدام مفهوم درجة التسخين اليومية Heating Degree - Days، وتعتمد هذه الطريقة البسيطة على حساب الفرق بين المتوسط اليومي لدرجة الحرارة (ح ي) ودرجة الحرارة ١٨° مئوية التي تعد الدرجة التي يستوجب عندها البدء بالتسخين، أو هي بمعنى آخر صفر التسخين. وهناك ارتباط وثيق جداً بين استهلاك الوقود وقيم درجة التسخين اليومية، إلا أن فاعلية التقديرات التي تحدد الحاجة للتسخين تتغير حسب حالة الجو، فقد تكون تقديرات مبالغا فيها. ففي حالة الطقس في أحد الأيام التي تتصف برياح شديدة السرعة ووسيلة حمل حرارة بعيد عن المباني فأن التقديرات تكون أقل من القيمة المفترضة، أما في حالة الأيام المشمسة بشكل جيد فأن تقديرات استهلاك الوقود الناجمة عن اتباع هذه الطريقة قد يحدث فيها مغالاة، ويعزى ذلك الى ارتفاع درجات الحرارة بفعل الاشعة الساقطة على المباني المعرضة لها. وهناك مفهوم مشابه يعرف باسم درجة التبريد اليومية *Colling Degree - Days* والتي تستخرج من العلاقة؛ (ح ي - ١٨)، وتحدد هذه الدرجة مدى الحاجة لتبريد المباني حتى تصل الى مستوى الراحة. وفي حالة أن يكون متوسط درجة الحرارة اليومية دون ١٨° مئوية فليس هناك حاجة للتبريد، والعكس صحيح (علي موسى، ١٩٨٢).

وبالامكان استخدام الطاقة الشمسية لتسخين وتبريد الجو الداخلي للمبنى، وهذا يتطلب تحويل الطاقة الشمسية الى أحد أشكال الطاقة، حرارية كانت أم كهربائية. ولتحويل

الأشعاع الشمسي الى طاقة حرارية لابد من استعمال ما يعرف بالمجمعات الشمسية Solar Collectors أو السخان الشمسى، التى مهمتها التقاط الطاقة الشمسية الساقطة عليها وتحويلها الى طاقة حرارية يتم نقلها الى أحد السوائل - كالماء أو غيره - لاستخدامها فى تلبية متطلبات المبانى، ولأجل رفع كفاءة المجمع الشمسي يجب رفع كمية الطاقة المكتسبة وخفض كمية الطاقة المفقودة بالحمل والتوصيل والاشعاع. وتعد المجمعات الشمسية المسطحة أكثر أنواع المجمعات شيوعاً وخاصة فى المجالات التى تتطلب درجات حرارة لا تزيد على ١٠٠° مئوية.

ويمكن تحديد الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية فى المجالات المنزلية فيما يلى:

أ - **تسخين المياه:** يعد تستخين المياه بالطاقة الشمسية من أكثر التطبيقات الحرارية للطاقة شيوعاً بعد أن شاع استخدام السخانات الشمسية فى معظم دول العالم، منها العديد من الدول العربية. ويتكون نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية من مجمع شمسى مسطح وخزان مياه وأنابيب توصل بين الخزان والمجمع.

ب- **التدفئة:** تتم التدفئة بالطاقة الشمسية عن طريق ضخ الحرارة المكتسبة فى المجمعات الى داخل المبنى السكنى أو غيره، ولتحقيق ذلك لابد من استخدام بعض الأجهزة.. وهناك نظامان للتدفئة بالطاقة يستخدم أحدهما الهواء، بينما يستخدم الآخر الماء، ففى نظام التدفئة بالهواء يتم تسخين الهواء فى المجمعات الشمسية ومن ثم دفعه إلى داخل المبنى بواسطة مروحة. أما أنظمة التدفئة بالماء الساخن فلا تختلف عن أنظمة تسخين المياه المعتادة.

جـ- **التبريد:** ويتم عن طريق ضخ الحرارة من داخل المبنى الى الخارج، وذلك باستخدام أجهزة تقوم بذلك. والأسلوب الشائع لضخ الخرارة هو دفع هواء بارد إلى داخل المكان ليقوم بنقل الحرارة إلى الخارج مباشرة. وتستخدم الطاقة الكهربائية المحولة من الطاقة الشمسية فى تشغيل أجهزة الضخ والقيام بعمليات التكييف.

التصنيف المناخي للمساكن

يتصف كل اقليم مناخى بنمط معين من المساكن السائدة فيه والمتوافقة مع الظروف المناخية المميزة له، بحيث يمكننا تمييز الاقاليم التالية:

مساكن الأقاليم المدارية

يمكن تمييز خمس مناطق مناخية - سكنية رئيسية فيما بين المداريين:-

(١) **المنطقة الحارة الرطبة:** لا يتطلب الانسان فى هذه المنطقة إلا أقل ما يمكن من الملابس. وعليه أن يستفيد من الرياح التى تلطف الجو، كما ينبغى عليه تنظيم منزله

بحيث يحدث الاشعاع فى الليل تجاه السماء الباردة، وفى النهار يكون المنزل محميا من الاشعة. وفى معظم أجزاء المنطقة الحارة الرطبة ينمو غطاء نباتى غابى كثيف، وقد قام الإنسان بتعرية بعض المناطق من غطائها النباتى لكى يتمن من بناء منزله الخشبى الدى يرفعه عن الأرض الشديدة الرطوبة بواسطة أعمدة خشبية بغية توفير الحماية من الحيوانات المتوحشة والحشرات المؤذية (انظر الشكل رقم: ٤-٨).

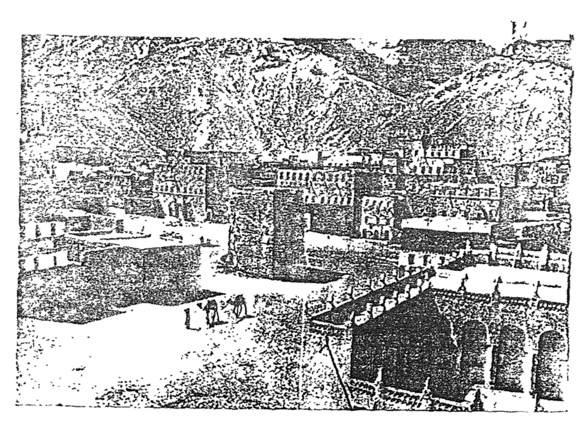


(شكل رقم: ٤ - ٨): شكل المسكن في المناطق الرطبة الحارة والجزر المدارية

(٢) الجزر المدارية: ويشبه نمط المسكن فيها ذلك الموجود فى المنطقة الحارة الرطبة، غير أن الأرض تكون هنا مكشوفة أكثر، ونسيم البحر يتردد بكثرة، لذلك صممت جميع المساكن بحيث تستفيد استفادة كاملة من هذا النسيم البارد العليل. وغالباً ما يستعمل الخيزران الخفيف فى صنع النوافذ مما يساعد على رفع وخفض مصراع النافذة بسهولة

أثناء سقوط الأمطار الغزيرة. ويتألف المسكن عماما من غرفة واحدة متسعة كى تستفيد بشكل جيد من الرياح، ولقد رفعت الساكن عن سطح الأرض لنفس أسباب رفعها فى المنطقة الحارة الرطبة من جهة، ولكى تستفيد من السرعة الزائدة للرياح التى تحدث من الارتفاع المتزايد من جهة أخرى.

(٢) **المنطقة الحارة الجافة:** ينبغى توفير الحماية فى هذه المنطقة للوقاية من الأشعة، حيث يكون الاشعاع الشمسى شديداً. ويستعمل عادة فى المبنى القرميد الطينى المجفف لعازليته الجيدة للحرارة. وتبنى المنازل من عدة طوابق حتى تلتقط النسمات العليلة، وتظلل المستويات الاخفض. وغالباً ما يخرج أفراد العائلة الى سطح السقف العلوى فى الليل لينعموا بالتبريد الاشعاعى والرياح الباردة. ويجب أن يراعى فى التصميم مدى امكانية، الحفاظ على درجة حرارة معتدلة أثناء النهار، وذلك باستخدام التظليل والنوافذ الصغيرة والسقوف والجدران البيضاء (شكل رقم: ٥ –٨)، ومن المرغوب فيه أن يحجب السقف خلال النهار، غير أنه ينبغى أن يكون السياج المقام حول المبنى مفتوحا بشكل مناسب بالعديد من الفتحات لكى يستفاد من نسيم الليل. وتقوم النوافذ الصغير بدور الواقى من ضربات العواصف الرملية والغبارية فى حال حدوثها.



(شكل رقم: ٥ -٨): مسكن المناطق الجافة الحارة

(٤) **منطقة السافانا:** وتجمع هذه المنطقة بين صفات المنطقة الأولى والثانية، ومناخها يتدرج ويتبدل خلال السنة فى تتابع منتظم. والغطاء النباتى المميز هو الحشائش، بالاضافة إلى وجود الاشجار والشجيرات أحيانا والتى تشكل مواد بناء رئيسية. وعادة ما تكون المساكن مصنوعة من الطين والعشب، وتقام تحت ظل شجرة لتحميها من شدة الاشعاع الشمسى، وغالبا ما تحاط تلك المساكن بسياح من الشوك لحمايتها من الحيوانات المفترسة (شكل رقم: ٦-٨)، وفى أماكن كثيزرة تستعمل الجلود أيضا فى المبنى.

(٥) **مناطق المرتفعات:** على الرغم من تناقص درجة الحرارة مع الارتفاع، الا أن الانسان يشعر بقسط قليل من عدم الراحة بسبب شدة درجة الحرارة بعد الظهيرة. وتتمثل المشكلة هنا فى امكانية حجب الهواء البارد الليلى عن المسكن، ولذلا تزود المساكن بطبقة عازلة، وتحمى من الرياح السائدة. كما أن الاشعاع الارضى الليلى الذى يزيد من البرودة شئ غير محبب، لذا يجب أن يخفض قدر المستطاع.

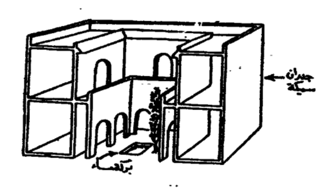


(شكل رقم: ٦-٨): شكل المسكن في اقليم السافانا

مساكن الأقاليم شبه المدارية

ويمكن تمييز ثلاث مناطق رئيسية هي: أ- منطقة البحر المتوسط؛ ب- منطقة السواحل الشرقية للقارات؛ جـ- الصحارى، وفى هذه المناطق جميعا يكون التسخين الشمسى كبيراً جداً فى الفترة التى تكون الشمس فيها أقرب ما يكون الى الوضع العمودى، ولذا تستدخم الظلال والسطوح البيضاء.

أ - **منطقة البحر المتوسط**: فى هذه المنطقة التى يعتقد بأنها واحدة من أفضل مناطق الأرض للسكن البشرى، حيث تكثر الأخشاب والحجارة الصالحة للبناء. وتتصف هذه المنطقة بصيف حار جاف، لذا فأن الحجر المستعمل يجب أن يكون ذا عازلية جيدة لاشعة الشمس الساخنة. وتتشابه هذه المنطقة مع المنطقة الحارة الجافة المدارية فى أن فصل الصيف حار فى كليهما، ومع ذلك فهناك حاجة لتأمين الحماية من الشتاء البارد والأمطار التى تسقط فيه. وفى هذه المنطقة تحتوى المساكن القديمة غالباً على ساحات مكشوفة، لأن الشمس ان لم تكون فى السمت لا ترسل أى اشعاعات مباشرة إلى تلك الساحات، ومع ذلك يحدث اشعاع ليلى من تلك الساحات باتجاه السماء. ويتميز هذا الجزء من المسكن بمناخ أكثر اعتدالا، ويتم التبريد غالباً باستخدام النافورات أو الماء الجارى فى المساكن المهيأة جيداً لذلك. ومن المهم أن نشير الى أن سطح السقف الذى كان بمثابة بقعة تجمع لأفراد العائلة فى ليالى الصيف حل محله رصيف أو شرفة (بلكونة) ذات فاعلية أقل (شكل رقم: ٧-٨).



(شكل رقم: ٧-٨): شكل المسكن في منطقة البحر المتوسط

ب- منطقة السواحل الشرقية: تحصل هذه المنطقة على كمية من المطر أكبر مما تحصل عليه منطقة البحر المتوسط في غرب القارات، ولذلك يجب أن يكون المبنى أكثر متانة لكي يؤمن الحماية من الأمطار المتبخرة. ويكون الاشعاع الشمسي أقل شدة في منطقة السواحل الشرقية مما هو عليه في منطقة السواحل الغربية للقارات ويعزى ذلك إلى كثرة السحب والتساقط في فصل الصيف، إلا أن الحرارة الشديدة تجعل التكييف الهوائي مرغوبا فيه في منطقة السواحل الشرقية.

جـ- منطقة الصحاري: الصحاري شبه المدارية من أشد مناطق سطح الأرض حرارة، ونباتاتها قليلة جدا ومتباعدة عن بعضها. ولذا كان على البدوي أن يستعمل جلود الحيوانات ليوفر الحماية لنفسه. والخيام هي مسكن البدوي، تلك الخيام التي يتم رفعها من أحد جوانبها كي تستفيد من هبوب أي نسمة هواء (شكل رقم: ٨-٨).

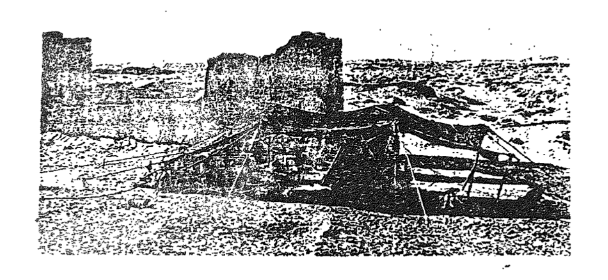
مساكن الأقاليم المعتدلة الباردة

عادة ما تكون المساكن صغيرة في هذه المناطق حتى تحتفظ بالحرارة. والأخشاب والحجارة تتوافران بكثرة، كما كان القش يستعمل قديما في السقف بسبب عازليته الجيدة. وفي هذه المناطق والتي تليها، تقوم النوافذ ذات الزجاج المضاعف والأبواب المضاعفة بالتقليل من فقد الحرارة بالتوصيل. وإذا كان توافر الاشعة الشمسية بكثرة في هذه المناطق يخلق مشكلة، إلا أنه من الضروري أن تصمم المساكن بحيث يتاح لها الاستفادة من مثل هذه الأشعة. وإذا كانت تلك المساكن بغنى عن أشعة الشمس الساطعة في بعض الأوقات فمن الممكن استعمال الستائر عندها (علي موسى، ١٩٨٢).

مساكن الأقاليم الباردة

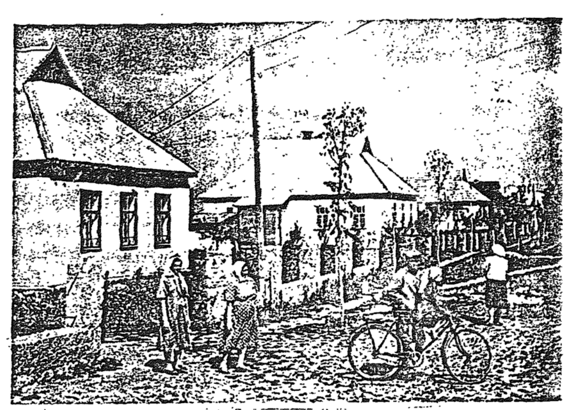
تبنى المساكن في المناطق الغابية من الخشب، وتتخذ السقوف وضعاً شديد الانحدار لمنع تراكم كميات كبيرة من الثلج على المبنى (شكل رقم: ٩-٨) ويعد تراكم الثلج مشكلة حقيقية في المناطق الباردة، ذلك أن كمية من الثلج بسماكة ١٠ سنتيمترا فوق سطح سقف مساحته ٤٠ مترا مربعا تحدث ضغطا يوازي ضغط وزن مقداره ٣٠٠ كيلو جرام على عوارض السقف الخشبية. وللسقف طاقة قصوى على حمولة الثلج فاذا ما تعددت كمية الثلج قدرة السقف فلا بد له عندئذ من الانهيار.

ويعد مسكن الاسكيمو نموذجاً من مساكن المناطق الشديدة البرودة (التندرا). فهو يبنى في شكل دائري قطره قرابه ثلاثة أمتار، ويبنى من كتل الثلج أو من الواح الحجر والخشب أو من اضلاع الحوت مغطاة بجلد فيل البحر، ومغلف بالثلج أو التراب على أنها مواد عازلة. ويكون رصيف النوم مرتفعا قليلا ومغطى بجلود الحيوانات، فالجلد الأخفض يحتوي على شعر سفلي حتى يمنع القاعدة الثلجية من الذوبان. ويتخذ المدخل شكل نفق يوجد تحت رصيف النوم. وعند احدى الجوانب داخل البيت يوجد أرصفة من أجل الإنارة، والحرارة المنبعثة من تلك الأضواء ستضاف الى حرارة الجسم (شكل رقم: ١٠ -٨).

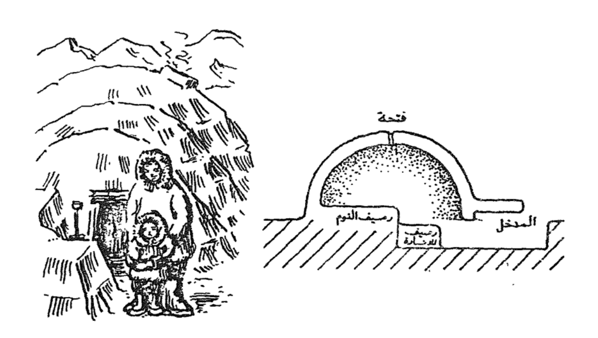




(شكل رقم: ٨-٨): خيمة صحراوية



(شكل رقم: ٩-٨): شكل مسكن المنطقة الباردة



(شكل رقم: ١٠-٨): شكل مسكن الاسكيمو وهو ما يعرف بالايجلو Igloo

ويعيش بعض الهنود الامريكيين فى مساكن رديئة لا تتناسب مع نموذج المناخ البارد السائد. وفى سيبيريا يستعمل السكان الاصليون أحيانا خيمة جلدية مدورة، مع صندوق مستطيل الشكل من الجلود فى داخلها على أنه مكان للنوم. وتسبب حرارة البيئة الخارجية العفن الفطرى على الجلود مما يستوجب استبدالها عندما تتعفن (على موسى، ١٩٨٢).

ثانياً: المناخ وبيئة الحضر أو المدن

يعد تزايد السكان السريع إحدى المشاكل الرئيسية بالنسبة للجنس البشرى فى الوقت الحالى. هذا التزايد سيقود طبعاً إلى ارتفاع نسبة التحضر، لأن الكثير من البشر يهجرون الأرض والبيئة الريفية متجهين نحو المناطق المدنية والصناعية بحثا عن العمل وظروف الحياة الأفضل. وتشير التقديرات الى أن عدد السكان الذين كانوا يعيشون فى مدن عدد سكان الواحدة منها يزيد على ١٠٠ ألف نسمة لم تزد نسبتهم على ٢ ٪ من مجموع سكان العالم فى عام ١٨٠٠ لترتفع هذه النسبة فى أواخر القرن العشرين إلى قرابة ٢٥ ٪، وان كانت فى بعض دول العالم أكثر من ذلك بكثير. ففى انجلترا وويلز تصل نسبة سكان المدن الى ٨٠ ٪، وفى الولايات المتحدة تصل الى ٧٠ ٪. ومما لاريب فيه أن التركز المدنى للسكان، والتقدم العلمى والتطور التكنولوجى الذى هو سمة مميزة للعصر الحالى، قد خلقا إختلافات كبيرة بين بيئة المدينة وبيئة الريف، وهذا يعنى وجود بيئة مدنية تتصف بنظامها المائى والجوى المتميز.

الخصائص الطبيعية لبيئة المدن

تتميز الخصائص الطبيعية لبيئة المدن بتعدلها كما أن الوسط البيئى الوسط البيئى لها يتبدل بفعل التوطن السكانى المتزايد فى المدينة. ويعد تلوث جو المدينة أحد أهم التغيرات التى تطرأ على الوسط البيئى الطبيعى، فمنذ القدم وظاهرة التلوث تحظى باهتمام كبير، ففى عام ٦١ بعد الميلاد اشار الفيلسوف الرومانى سينكا Senca الى جو روما الملئ بالدخان والاوساخ المؤذية للصحة. وفى العصور الوسطى حيث المناطق المدنية الكبرى لم يكن يزيد عدد سكان الواحدة منها على بضعة عشرات الألوف (مدينة لندن حوالى ٥٠٠٠ نسمة فى القرن الرابع عشر، وكانت على الأقل أكبر بأربعة أضعاف من أى مدينة انجليزية أخرى) فأن مشاكل التلوث كانت واضحة المعالم (على موسى، ١٩٨٢).

وينعكس أى تغير فى المظهر الطبيعى العام لسطح الأرض بفعل أشكال العمران المختلفة وتخطيط المدن وحركات السكان فيها والأنشطة الاقتصادية الممارسة بها، خاصة المعامل والمصانع ووسائل النقل، على الظواهر المناخية، فرطوبة الجو فى المدينة تختلف عما هى عليه فى الريف، كما تختلف درجات الحرارة والعناصر المناخية الأخرى. ويمكن أن نصنف التغيرات الطبيعية الاساسية التى تخلقها مدينة كبيرة فى ثلاث تغيرات هى؛ تغيرات مائية، وتغيرات حرارية، وتغيرات فى حركة الهواء.

(١) التغيرات المائية

تعد كمية المياه الجارية على السطح فى المناطق الريفية نتيجة سقوط الأمطار محدودة، بفعل امتصاص التربة - ذات الطبيعة المنفذة - لجزء كبير من المطر الساقط. بينما نجح الإنسان في المدن بوجه عام فى خلق حالة عدم نفوذ لقرابة ٥٠٪ من المساحة، وذلك بالمنشآت المدنية التى أقامها، والمواد التى استخدمها فى ذلك، والتى تمنع تسرب الماء الى داخل التربة. فالشوارع الاسفلتية، وممرات المشاة الجانبية، واسطح المبانى، وأفنيتها، ومناطق الساحات الكبرى، أسهمت فى نسبة زيادة الجريان السطحى للمياه الساقطة، حتى ولو كانت كمية المطار قليلة فأنها ستنساب على السطح فى المدينة. والمثال التالى يوضح ذلك؛ ففى منطقة ساحة أبعادها ٣٠×٣٠مترا، فأن كمية أمطار مقادرها ١٠ ملليمترا ستعطى ٩ متر مكعب من الماء، ومثل هذه الكمية يمكن أن تؤدى إلى حدوث فيضانات فيما لو نقلت بتركيز بعيداً، بحيث تتلقى أيضا مقادير مماثلة من الماء في طريقها. وحتى مزاريب الاسطح فأنها تسوق مقادير كبيرة من الماء لتذهب اما الى البالوعات (مجارى انصرف الصحى Sewers) أو لتتركز فى بعض المناطق الصغيرة من الحديقة. وهناك تغير آخر يحدث بفعل انتقال الماء نحو الجو عن طريق التبخر. فبالنسبة للاسطح المرصوفة تبقى جافة لفترات أطول من مناطق التربة الريفية والأراضى المغطاء بالنبات، اذ أن المناطق الريفية تمد الهواء ببطئ بالرطوبة، ولذا فأن كمية الرطوبة التى يتلقاها الجو عقب سقوط الأمطار مباشرة تكون أقل فى الريف منها في المدينة. فالاسطح المرصوفة نتيجة التصريف السطحى الكبير والسريع والتبخر السريع أيضا للكميات القليلة المتبقية من الماء فأنها تصبح جافة بعد لحظات محدودة من سقوط الأمطار. وهذا بالطبع له انعكاسات عدة يمكن حصرها فى ثلاث عناصر مناخية؛ فالحرارة المستخدمة فى التبخر أقل فى المدينة وهذا ما سيحافظ على حرارة فى المدينة أكبر من الريف، كما أن الرطوبة المطلقة تكون أقل فى المدينة من الريف، وجزئيات الغبار والجسيمات الجافة المتوفرة فى المدن يزيد من انتقالها الي جو المدينة حركة وسائل النقل والمشاة.

(٢) التغيرات الحرارية

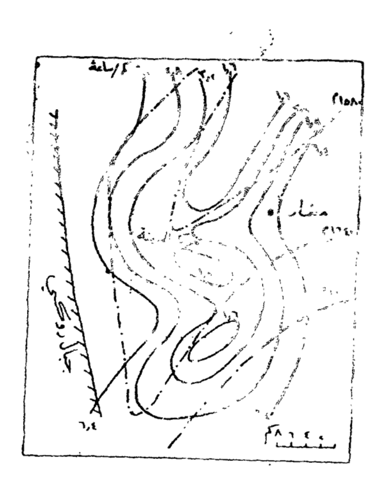
تمتص سطوح المدينة كمية من الاشعاع الشمسى أكبر مما تمتصها السطوح الريفية المجاورة لها، ذلك أن النسبة الكبرى من الأشعة المنعكسة فى المدينة ترتد مرة ثانية نحو الاسفل بوساطة الجدران المرتفعة والسقوف القاتمة اللون. كما أن سطوح المدينة الاسمنتية لها قدرة توصيل حرارية كبيرة وسعتها الحرارية كبيرة أيضا، مما يجعلها تخزن الحرارة فى أثناء النهار وتطلقها فى أثناء الليل. بينما نجد فى المناطق الريفية المغطاة بالاعشاب أو اية نباتات أخرى - التى تقوم بدور ستار عازل - أن درجة الحرارة أثناء النهار والليل تكون أقل مما فى المدينة بسبب التبخر والتبخر / النتح.

وبالإضافة إلى الكمية الكبيرة من الحرارة الاصطناعية المتولدة فى المدينة، من مكيفات الهواء، يكون فى شتاء العروض المعتدلة والباردة المصدر الرئيسى للحرارة فى بعض المدن وسائل التدفئة والحرارة التى تطلقها المصانع... وليست الحرارة المستمدة من الشمس. وتشير التقديرات فى المدن الالمانية الكبرى أن كمية الحرارة التى تتولد من عمليات الاحتراق تعادل ١٥ - ٣٠ وحدة حرارية سنتيمتر مربع/يوم، بينما الكمية المستمدة من الاشعاع الشمسى المباشرة تكون ٥٢ وحدة حرارية/ سنتيمتر مربع/يوم وذلك فى شهر ديسمبر، وأكثر من ٥٠٠ وحدة حرارية/ سنتيمتر مربع/يوم فى يونيو. ففى هامبورج - قبل عام ١٩٥٦ - كان معدل الحرارة الناتجة عن احتراق الفحم فى شهر ديسمبر قرابة ٤٠ وحدة حرارية/ سنتيمتر مربع/يوم، مقارنة مع الحرارة المتولدة من الاشعاع المباشر والجوى والبالغة ٣٥ وجدة حرارية/ سنتيمتر مربع/يوم. ولقد أوضحت الدراسات الى أن عمليات الاحتراق فى مدينة نيويورك خلال فصل الشتاء تعطى كمية من الحرارة أكبر بمرتين ونصف من حرارة التسخين الشمسى، غير أن هذه الكمية تنخفض فى فصل الصيف الى السدس فقط. وبوجه عام فأن كامل الحرارة المنتجة فى المبنى لابد لها أخيراً من أن تنتشر الى خارج المبنى - رافعة من درجة حرارة الوسط المجاور -، كما أن السيارات تضيف كميات كبيرة من الحرارة، وحتى الحرارة الناجمة من الاحتراق الذاتى فى الإنسان تشكل مصدراً من مصادر التسخين فى المدينة.

وفى مدن الأقاليم المدارية، فأن كمية الحرارة المنتجة بفعل الانسان وأنشطته المختلفة تقارب من ١٠ ٪ من كمية الحرارة الناتجة من الاشعاع الشمسى فى فصل الشتاء، إلا أن هذه النسبة تنخفض كثيراً فى فصل الصيف، حتى لنجد أن التكييف الهوائى يقوم باطلاق كميات لا بأس بها من الحرارة خلال هذه الفترة (على موسى، ١٩٨٢).

(٣) التغيرات الهوائية

تختلف حركة الهواء قرب السطح فى المدينة عما هو عليه فى الريف، ذلك أن خشونة السطح تلعب دوراً فى ذلك. فازدياد الخشونة فى المدينة تؤدى إلى التقليل من سرعة الرياح (شكل رقم: ١١-٨). فسرعة الرياح التى تصل إلى قرابة ٩٥ ٪ من سرعة الهواء الحر عند ارتفاع ٢٠٠ مترا فوق الريف المنبسط، تبلغ نفس السرعة عند مستوى ٣٠٠ مترا فوق الأراضى الشجرية، لكنها لا تصل الى السرعة نفسها حتى تبلغ مستوى ٣٠٠ مترا فوق المدينة. ولقد دل العديد من الدراسات الى أن الخشونة تزداد بنسبة طردية مع زيادة سعة امتداد المبنى ومع مربع ارتفاعه، لكنها تتناسب عكسا مع الحجم الذى يحتله المبنى.



(شكل رقم: ١١-٨): سرعة الرياح (كيلومتر/ساعة) في مدينة دنفر وما حولها

خلال الفترة من الساعة ٢ - ٤ صباحا من ٢ شباط ١٩٦٥

ومما لا ريب فيه أن انخفاض سرعة الرياح وازدياد فترات هدوء الهواء سبب أساسي في تمركز الملوثات الجوية في المدن. كما وتبرز في مناطق المدن المنخفضة الرئيسية ظاهرة اقنية الهواء المتدفق بشكل يشبه جريان الماء ضمن قنوات أودية محددة الجوانب الى حد ما، وهذا ما يزيد من حالات الاضطراب ويخلق بعض الحركات الهوائية الدرامية. بل ويحدث أيضا أن سرعة الرياح في بعض الأماكن قد تكون أكبر من سرعتها في المنطقة الريفية المجاورة والمكشوفة.

وعلى الرغم من قلة الدراسات عن حركة الهواء في المدن، إلا أنه من المعروف أن سرعة الرياح على جانب الجدار المعاكس للرياح أقل بكثير من سرعتها على جانب الجدار المواجه للرياح، حيث تصل الى قرابة نصف السرعة. وتلعب الاشجار على طول جانبي الطريق دوراً هاماً في تقليل سرعة الرياح. وفي حركة وانسياب الهواء غير المتوافق مع امتداد الشوارع تحدث ظاهرة الدوامات الهوائية بكثرة (علي موسى، ١٩٨٢).

مناخ المدينة

تسبب المدينة العديد من التغيرات في العناصر المناخية، والجدول التالي يوضح تلك التغيرات.

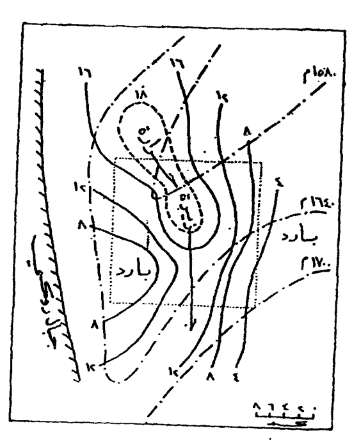
العنصر المناخي	الخصائص	الحالة في جو المدينة مقارنة مع جو الريف
الاشعاع	فوق سطح أفقي أشعة فوق بنفسجية	– ١٥ ٪ – ٣٠ ٪ في الشتاء ، – ٥ ٪ في الصيف.
درجة الحرارة	المتوسط السنوى العظمى فى فصل الشتاء طول الفترة الحرة من الصقيع	+ ٠,٧ م + ١,٥ م + ٢ إلى ٣ أسابيع
سرعة الرياح	المتوسط السنوى هبوب العوصف الشديدة تردد حالات السكون	– ٢٠ إلى – ٣٠ ٪ – ١٠ إلى – ٢٠ ٪ + ٥ إلى ٢٠ ٪
الرطوبة النسبية	المتوسط السنوى المتوسط الفصلي	– ٦ ٪ ٢٠ ٪ في الشتاء ، – ٨ ٪ في الصيف
السحب	كمية السحب الضباب	+٥ آلى ١٠ ٪ + ١٠٠ ٪ في الشتاء، ، + ٣٠ ٪ في الصيف
التساقط	كمية التساقط عدد الأيام التى تكون كمية التساقط فيها أقل من ٥ ٥ مم عد أيام الثلج	+ ٥ إلى ١٠ ٪ + ١٠ ٪ – ١٤ ٪

– تشيرإلى أقل، + تشير إلى أكثر

ونعرض فيما يلي لظواهر تركز الحرارة والغبار والتساقط فى المدينة.

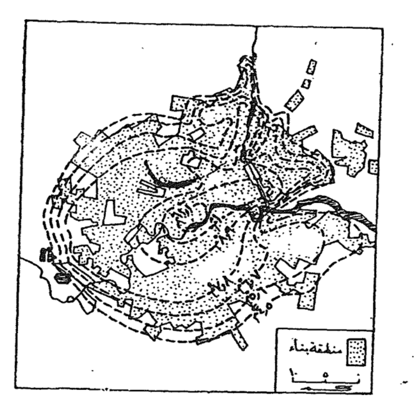
أ - الجزيرة الحرارية في المدينة

يمكن القول أن درجات الحرارة تكون أكثر ارتفاعا فى المدينة عن الريف المجاور. وتظهر الدراسات الحديثة التى تمت فى بعض المدن الأمريكية، أنه حتى كتلة واحدة من المبانى تقوم بتشكيل جزيرة حرارية. وفى الأيام الصافية الجو تكون درجة حرارة الطرق والسطوح الأسفلتية أكبر بحوالى ١٠ – ٢٠ ْمئوية مما هى عليه فى المناطق العشبية أو الغابية. وحتى الأيام التى تتغطى فيها السماء بالسحب فأن درجات الحرارة فى المناطق المبنية تكون أكثر بحوالى ٣ ْمئوية مما هى عليه فى المناطق الريفية المحيطة بنسبة ١٠ – ١٥ ٪، لكنها تسبب فى زيادة درجات التبريد اليومية. ليس هذا فقط بل أن الفترة الحرة من الصقيع غالبا ما تكون فى المدينة أطول مما هى عليه فى الريف.



(شكل رقم: ١٢-٨): توزيع درجة الحرارة في مدينة دنفر، كلورادو بالولايات المتحدة الأمريكية وما حولها خلال الفترة من الساعة ٢ - ٤ صباحا من يوم ٢ فبراير ١٩٦٥

ويعد الشكل رقم (١٢-٨) مثالا لجزيرة السخونة خلال ليالى الشتاء فى مدينة دنفر (كولورادو - الولايات المتحدة الأمريكية)، حيث تجد أن خطوط درجات الحرارة المتساوية الاكثر ارتفاعات تمتد بشكل طولى عبر المدينة (Richl, 1978). وتتضح ظاهرة جزر السخونة فى الشتاء بشكل بارز، كما تظهر فى ليالى الصيف، حيث التبريد الليلى فى المدينة يكون أبطأ مما فى الريف. وبوجه عام تسجل المدن كلها درجات حرارة أكبر بحوالى درجة مئوية واحدة مما هى فى الريف المجاور، خاصة فى فصل الشتاء. وفى مركز مدينة لندن بلغ المتوسط السنوى لدرجة الحرار ١١ ° مئوية خلال الفترة ١٩٣١ - ١٩٦٠ مقارنة مع ١٠.٣ ° مئوية فى الضواحى، و ٩.٦ ° مئوية فى مناطق الريف المجاورة (Chandler, 1965). وتبلغ الاختلافات الحرارية أشدها ليلا - (شكل رقم: ١٣-٨).



(شكل رقم ١٢-٨): توزيع درجة الحرارة الصغري في لندن. يوم ١٤ مايو. عام ١٩٥٩

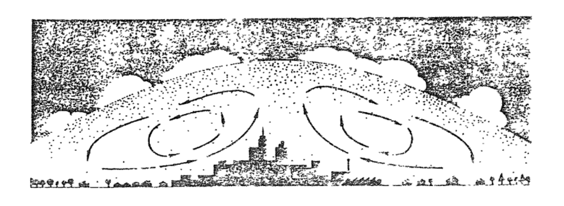
وتؤدى الحرارة الزائدة فى المدينة الى جعل الضغط الجوط أكثر انخفاضا، وبالتالى فأن الهواء يتدفق نحوها من الريف المجاور لها. وتشير دراسات المنظمة العالمية للارصاد الحوية WMO الى أن القيمة الحدية لسرعة الرياح لكى تحدث اضرارا فى جزيرة السخونة ترتبط لوغارتمياً بعدد السكان فى المدينة (على موسى، ١٩٨٢).

ب- تركز الغبار في جو المدينة

يتركز معظم الغبار المتولد فوق المدينة متخذا شكل قبة تغلفها، وتبرز تلك القبة بشكل واضح فى الايام الساكنة نسبيا فى حركة الهواء مع وجود حركة طبيعية بسيطة كما هى الحال فى (الشكل رقم: ١٤-٨). ففى تلك الايام يستمر نظام الحركة الدائرى المتواصل فى النقاط الجسيمات وتوجيهها نحو نظائرها المتركزة فى جو المدينة، وسرعان ما تسقط جسيمات الغبار الكبيرة - ذات القطر أكبر من ٥ ميكرون - نحو السطح، بينما تبقى الاخرى الدقيقة معلقة فى الهواء لتقوم بدور نويات تكاثف

وتؤدى الجسيمات الموجودة فى الجو من غبار ودخان ومواد أخرى الى تعكير الهواء، إلا أن المدى الذى يكون فيه الهواء معكراً محدوداً. ولهذا الغبار تأثير بارز على أطوال الموجات الاشعاعية الاقصر منه حيث يقوم بنشرها، وبالتالى فأن شدة ضوء

الشمس وكثافة الاشعة فوق البنفسجية نقل بفعل المواد المحمولة فى الهواء. والتناقص يكون أكبر فى الشتاء عنه فى الصيف ويرجع ذلك إلى إزدياد طول مسار الأشعة الشمسية فى الجو الأكثر تعكيراً. كما وتؤدى الجسيمات الدقيقة التى فى حالة زيادتها الى التقليل من الرؤية داخل المدينة، وإزدياد تكرار حدوث الضباب، الذى يعزى تكوينه فى معظمه الى تكاثف بخار الماء على جسيمات الغبار العديدة التى تقوم بدور نويات تكاثف.



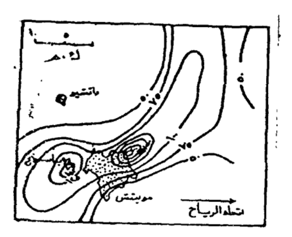
(شكل رقم: ١٤-٨): مخطط يبين حركة الهواء المحلية فوق المدينة

جـ- التساقط

تؤدي أنشطة الإنسان المتعددة الى انتاج العديد من الجسيمات التى تتركز فى جو المدن وما حولها، والتى تشكل نويات تكاثف، وهذا يساعد على فهم سبب ازدياد الرطوبة والمطر فوق المدن. وتتركز الأمطار العظمى فوق مراكز المدن والأماكن الصناعية، إلا أن الرياح السائدة يمكنها أن تبعد منطقة الأمطار العظمى قليلا عن مراكز المدن والاماكن الصناعية (شكل رقم: ١٥-٨).

وبوجه عام فإن معدل الزيادة في كمية المطر فى المدن عما حولها تكون فى حدود ٥ - ١٠ ٪. وتكون الزيادة في الشتاء أكثر من غيره من الفصول. كما وأن كميات الثلج الساقطة فى العروض العليا والعواصف الرعدية تزداد فى المدن أكثر من الريف المجاور. ومن دراسة العواصف الرعدية فى منطقة مدينة لندن تبين أنها تؤدى إلى زيادة فى الأمطار فوق المدينة بنسبة تصل الى ٣٠ ٪ عما هى عليه فى الريف المجاور، إذ أن احدى العواصف أعطت قرابة ٦٨ ملليمتر من الامطار فوق المدينة لكنها لم تعط أكثر من ٢ ملليمترا فى الريف المجاور. ويمكن أرجاع ذلك الى كثرة الغبار والجسيمات الاخرى

فى جو المدينة، ونشاط حركة الحمل الحرارى بفعل أن المدينة تمثل جزيرة حرارية (Chandler, 1965).



(شكل رقم: (١٥-٨)، توزيع الأمطار (مم) فوق مدينة مونيتش يوم ٢٥ يوليو عام ١٩٢٩

المناخ والسكن في بيئة دلتا النيل

لقد ثبت بما لا يدع مجال للشك كما ذكرنا سلفاً أن للمناخ تأثيرات كثيرة على مسكن الإنسان منذ عصور ما قبل التاريخ، ولكن هذا التأثير لم يتضح بشكل ملحوظ كوضوحه فى الوقت الحاضر إذ أنه يتحكم فى إختيار موضع المبنى الصحيح ومواد المبنى المستخدمة فيه، بل وفى تصميمه أيضاً. وفى بيئة دلتا النيل، يظهر تأثير العناصر الجوية على المحلات العمرانية الريفية منها والحضرية واضحاً على النحو التالى:

١ - السكن الريفي:

العمارة فى القرى هى بطبيعة الحال عمارة الطين، فالمساكن الريفية كانت تبنى من الطين واللبن أو الطوب النئ، على هيئة جدران وأسقف سميكة ومسطحة (فيما قبل منتصف السبعينيات). وما كان هذا ليتم لولا أن الظروف المناخية الملائمة، من صغر كمية المطر الساقط وجفاف الجو معظم شهور السنة، تساعد على ذلك لأننا نعرف أن هذه المادة لا تصلح إطلاقاً للبناء فى المناطق المطيرة. فضلاً عن أن لون المبانى الداكن، لون الطين، وخشونة جدرانها تبعاً لغزارة المواد اللاحمة، كالقش والتبن تعمل على امتصاص درجة حرارة أشعة الشمس وتهيئ بذلك ظروفاً حرارية ملائمة داخل المبني تعوض به الإنخفاض الملحوظ فى درجة حرارة المحلات الريفية نظراً لتبعثر مساكنها وإحاطتها

بالأراضى الزراعية، ولا ينبغى أن نغفل أن فطرة الفلاح فى الدلتا قد هدته إلى تصميم مسكنه، الذى لا نكاد نجد اختلافات تركيبية ملموسة بين أرجاء الدلتا كلها، بما يتمشى مع الظروف الجوية المحيطة به، فالفتحات والمنافذ تكثر فى الواجهتين الشمالية (البحرية) والجنوبية (القبلية) للمسكن فالأولى تستقبل الرياح الشمالية الملطفة صيفاً وما ينتج عنها من تأثيرات مباشرة على تعادل درجة الحرارة والرطوبه فى الداخل، كما أن الثانية تسهل دخول أكبر قدر من أشعة الشمس خصوصاً فى فصل الشتاء. إذ أنه إذا كانت المنافذ البحرية تستقبل وحدة واحدة من الحرارة كل عام، فإن القبلية منها تستقبل ٤٥ وحدة والغربية أو الشرقية ٢٧ وحدة.

ولذن كانت العناصر الجوية، بالإضافة إلى العوامل البيئية الأخرى، قد أعطت للقرية فى الدلتا عمارتها المميزة، فإن لها بعض التأثيرات الضارة عليها. ففى شهور الربيع وبصفة خاصة أيام الخماسين تتميز بكثرة الحرائق فى القرى، فلقد تبين أن التغير يقف أساساً كعامل مباشر وراء إنتشار هذه الحرائق بسبب اندلاع الشرر من المواقد التى غالباً ما تكون أوضاعها فى أماكن مكشوفة وفى إتجاه الرياح، إذ أن الفلاح فى الدلتا لم يأخذ حتى الآن فى حسبانه عامل تغير الرياح من قبلية إلى بحرية[1].

ومن أشهر حرائق القرى فى دلتا النيل ما حدث فى ربيع عام ١٩٣٦ حيث شب ١٦ حريقاً منها ١١ كان السبب المباشر فى حدوثها حظ الهبوب وكان سببها الرياح الجنوبيه اللافحة.

وبالمثل وقعت عدة حرائق خلال ربيع عام ١٩٧٠، كان أشدها ما حدث يوم ١١ مايو، من نفس العام، فى عدد من قرى محافظات الدقهلية والغربية وكفر الشيخ والشرقية، حيث دمرت ٥٠٠ منزل ولقى ٢١ مواطناً مصرعهم وأصيب ٣ آخرون، وكان ذلك بسبب سيادة الرياح الخماسينية على الدلتا التى استمرت يومين (٢١ – ٢٢ مايو ١٩٧٠).

٢ - السكن الحضري:

وإذ ننتقل إلى المدن فى دلتا النيل، نجد أن أثر العوامل الجوية فيها محدود بل وضعيف نسبياً. فعلى الرغم من أن عمارتها هى عمارة الطوب الأحمر بدل الطين فى الريف، وخطتها ليست عشوائية كالقرى وإنما هندسية، وشوارعها مستقيمة واسعة نوعا ما ومرصوفة، إلا أن كل ذلك قد لا يرتبط بالظروف الجوية المحيطة، من سطوع

---

(١) الرياح التى تهب فى مقدمة الجهة الباردة للإنخفاض الخماسينى رياحاً جنوبية ساخنة (قبلية) بينما الرياح التى تهب خلفها تكون شمالية غربية (بحرية).

الشمس ودرجة الحرارة والرياح والرطوبة، ارتباطاً قوياً. ولكن يلاحظ أن هذا التأثير لا يتمثل إلا فى ناحيتين: الأولى هى كيفية وضع الفتحات والمنافذ، بالنسبة لاستقبال أشعة الشمس، وعددها الذى يفوق مثيله فى مبانى القرية، وحتى هذا أيضاً لا تحدده حالة الجو فقط بقدر ما تفرضه ظروف المبنى نفسه من حيث مساحته وموضعه بالنسبة للمبانى المجاورة والشارع الذى يقع فيه. أما الناحية الثانية لهذا التأثير فيتضح فى أن أى امتداد لأية مدينة دائماً أو غالباً إلى الشمال من قطاعها القديم (ينطبق ذلك على معظم مدن دلتا النيل تقريباً) وذلك سعياً إلى أن يكون فى مستقبل الرياح الشمالية (البحرية) السائدة المنعشة والملطفة، أى أنه يحتكر فى أغلب الأحيان المناخ الأمثل والموقع الجيد فى المدينة.

كما وقد تظهر آثار كثيرة على الوحدات السكنية فى مدن الساحل فى فصل الصيف بسبب الرطوبة النسبية المرتفعة تتمثل فى الصدأ الذى يصيب الأسوار والأبواب الحديدية ومقابض الأبواب والمنافذ.

ومن الناحية الأخرى، يلاحظ أن تزايد المبانى وتكدسها فى المدن يعد عامل تأثير غير طبيعى على الأحوال المناخية السائدة، وليس هذا فى منطقة الدلتا فحسب وإنما فى المناطق التى تتميز بنمو المدن فيها (أفقياً، ورأسياً). فنجد مثلاً أن ظروف المدينة الكبيرة تؤثر على درجات الحرارة سواء فى الشتاء أو الصيف. ففى فصل الشتاء تؤدى التدفئة الصناعية التى يستخدمها سكان المدينة إلى رفع درجة الحرارة التى تسجلها أجهزة الرصد رفعاً صناعياً بالمثل، لذلك تبدو درجات الحرارة فى المدينة أعلى من المعدل أيضاً وذلك بسبب الإشعاع الحرارى الذى تعكسه المبانى فتزيد من درجات الحرارة التى تسجلها الأجهزة، هذا بالإضافة إلى أن المبانى العالية تعوق حركة الهواء مما يؤدى إلى رفع درجة الحرارة. ومن هنا كانت الأرصاد الجوية للمدينة تعبيراً عن حالة العناصر المناخية داخلها وليس للإقليم الذى تقع فيه.

الفصل التاسع

المشاكل المناخية البيئية

المشاكل المناخية البيئية

مقدمة:

فى وقتنا الحاضر حيث تشابكت معظم العلوم وفروع المعرفة وترابطت ببعضها، بدأ علم الجغرافية المناخية، كفرع من الفروع الجغرافية، يوسع اختصاصه ويزيد من مسئولياته تجاه العلوم الأخرى. وقد لايكون من المغالاة إذا قلنا أن الحاجة إلى المعلومات المناخية أصبحت بالضرورة عاملاً هاماً فى التعرف على كل مظاهر الحياة. فلا يخفى علينا أهمية هذه المعلومات بالنسبة للمشتغلين بعلوم الزراعة والصناعة والملاحة الجوية وهندسة المياه والتخطيط الإقليمى الحضرى والنبات، إذ أن الباحث فى أى علم منها يجد نفسه مضطراً، فى أغلب الأحيان، أن يضيف جزءً إلى دراسته ليشير إلى الظواهر المناخية ومدى اعتماده عليها فى تفسير مظاهر تلك الدراسة.

وحتى وقت ليس ببعيد كان من الصعب التحقق من الصلة الوطيدة بين علم الجغرافية المناخية وغيره من العلوم، ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى أن الدراسة المناخية كانت تقليدياً، تعالج كعلم مستقل يدرس لذاته، ومن ثم لم تتضح هذه الصلة كوضوحها حالياً. إذ وجد من المفيد زيادة التعاون بين المناخيين وغيرهم من الباحثين فى شتى نواحى المعرفة، عن طريق وضع المعلومات المناخية فى إطار يخدم جميع متطلبات هؤلاء وأغراضهم المختلفة.

ويتناول موضوع هذا الفصل الذى نحن بصدده دراسة المشاكل المناخية وعلاقة المناخ بالبيئة من وجهة جغرافية المناخ التطبيقى، وتعد هذه الدراسة ذات أهمية خاصة، وتبدو أهميتها جلية فى أنها تمثل محاولة لإبراز قيمة المعلومات المناخية وصلتها بنواحى الحياة سواء على المستوى العالمى أو الإقليمى أو حتى المحلى. وتركز الدراسة فى هذا الفصل على مجموعة من المشاكل المناخية تتمثل فى مشكلة صعوبة الحصول على بيانات مناخية عن المناطق القطبية، ومشكلة التغيرات فى مناخ الأقاليم المناخية، ومشكلة التصحر وإزالة الغابات، ومشكلة تلوث الهواء، ومشكلة ثقب الأوزون والأمطار الحمضية، ومشكلة ظاهرة النينو. ومشكلة الطاقة والمناخ

المشاكل المناخية وعلاقتها بحياة الإنسان

من الثابت أن المشاكل المناخية التى سنشرحها هنا ما كانت لتوجد لولا النشاط المتزايد للإنسان سواء الناتج عن التقدم العلمى والصناعى له أو للزيادة العددية للسكان، بالإضافة إلى الإعتداء السافر للإنسان على الموارد الطبيعية التى يتفرد بها كوكب الأرض الذى يعيش الإنسان على أديمه.

صعوبة الحصول على بيانات مناخية قطبية

تؤدى الطبيعة القاسية لمناخ المناطق القطبية إلى أن عدد محطات شبكة الأرصاد الجوية السطحية بها قليلاً ومتفرقاً. وعلى هذا فإن معرفتنا بتفاصيل اختلاف ظروف المناخ السطحية مع الزمان ومع المكان هى معرفة ناقصة. غير أن معلوماتنا آخذة فى النمو نتيجة لقياسات وأرصاد الأقمار الاصطناعية. فعلى سبيل المثال تشير المعلومات الخاصة بتبادلات الطاقة إلى أن أحد الملامح الأساسية للتذبذبات المناخية على مستوى كوكب الأرض يتمثل فى تغير الغطاء الثلجى والجليدى Cryosphere. وحتى الوقت الذى بدأ فيه استخدام الأقمار الاصطناعية قطبية المدار لم يكن ممكناً الحصول على صورة متكاملة لمناطق كبيرة مثل هذه المناطق. أما الآن فيمكننا أن نؤكد أن هناك بالفعل بعض التغيرات - وإن كانت صغيرة نسبياً - طويلة المدى التى قد تؤثر فى امتداد الغلاف الثلجى فوق البحر. وتؤدى التغيرات الموسمية إلى أنه فى النصف الشمالى من كوكب الأرض يتزايد مقدار الامتداد فى هذا الغلاف من حوالى ٧ مليون كيلومتراً مربعاً إلى ١٤,١ مليون كيلومتر مربع من الصيف إلى الشتاء. وعلى النقيض، فإن التغير الموسمى فى النصف الجنوبى هو من ٢,٥ مليون كيلومتر مربع إلى ٢٠ مليون كيلومتر مربع مما يعكس التركيب القارى المختلف بين المنطقتين القطبيتين. ولقد لوحظ كذلك أن معدلات من الغطاء الجليدى أقل من المعتاد فى منطقة بحر بارنتس وكارا Barents and Kara Sea ترتبط بمعدل أكبر من المعتاد من الجليد فى منطقة بحر تشوكتشى Chukchi Sea. وبالمثل فإن امتداد الجليد من الاسكا Alaska فى شهر أغسطس يبدو مرتبطاً بمقاديره فى جرينلاند Greenland فى شهر يونيو أو يوليو السابقين. وتنعكس الاختلافات الزمنية من هذا النوع بالضرورة على المناخ السطحى للمناطق القطبية. إضافة إلى هذا فإنه نظراً لأن المنخفضات توجه بمحاذاة السطح الفاصل بين الجليد البحرى والماء المفتوح (شكل : ١ - ٩) - بسبب وجود عدم اتصال حرارى عبر منطقة الاتصال - فإن تغيرات

السطح الجليدى البحرى تغير بالضرورة من صور المناخ فى منطقة دوائر العروض الوسطى.

وبدخول عصر الأقمار الاصطناعية فإن دراسة المناطق المائية المفتوحة الموجودة بين الامتدادات الثلجية باتت أكثر سهولة. وهذه المناطق تعد الوحيدة التى يمكن أن يتفاعل فيها الماء الدافئ نسبياً الموجود تحت الثلج بشكل مباشر مع الهواء، وعلى هذا فإن لها أهمية قصوى فى تأكيد ميزان الطاقة للمنطقة، كما أن لها دوراً عظيماً فى فهم العمليات التى تؤدى إلى خلق صور المناخ القطبية. ورغم نقص معلوماتنا وفهمنا لأنواع المناخ القطبى - أو حتى قدرتنا على إعطاء وصف ملائم لها - فإن من الواضح أن المناطق القطبية تعد ذات تأثير أساسى على مناخ الأرض كلها من خلال تفاعل هذه المناطق مع مناطق العروض الوسطى. ومن الواضح كذلك أن هذه المناطق تعد سهلة التغير نسبياً بتأثير الأنشطة الإنسانية، فلقد وجدت ملوثات جوية فى المناطق القطبية. ونظراً لأن هذه الملوثات تكون عادة ذات معامل انعكاس (ألبيدو Albedo) أكثر انخفاضاً من أسطح المناطق القطبية فإنه يمكن توقع تغييرات كبيرة فى ميزان الطاقة السطحية، وكذلك فقد اقترحت برامج للرى فى الاتحاد السوفيتى السابق تتضمن تحويلاً لمجارى الأنهار التى تصب عادة فى حوض المنطقة القطبية الشمالية المتجمدة وهذا من شأنه أن يؤدى إلى زيادة ملوحة مياه المحيط القطبى الشمالى وبالتالى إلى تقليل مقدار الغطاء الثلجى فوق ماء البحر وما يتبعه من تغيير للألبيدو. ومن المؤكد أن أى تغيير فى هذا المعامل من شأنه أن يؤدى إلى عواقب مناخية ملحوظة تتجاوز بكثير المناطق القطبية ذاتها.

التغيرات في المناخات الإقليمية

تعد الأقاليم المناخية التى تناولناها فى الجزء الأول من هذا المؤلف مناطق ثابتة، أو غير قابلة للتغيير كما أن حدودها غير محكمة التحديد، والمؤكد أن مناخ الكوكب كله يمر بحالات من التذبذب الطبيعى المستمر. وهذه من شأنها أن تؤدى إلى تغييرات فى مناخ كل الأقاليم المكونة له. وحدوث تغيرات بتأثير النشاط البشرى هو أمر ممكن على المستوى المحلى. والتغيرات من هذا النوع تحدث عادة فى مناطق متفرقة ومعزولة عن بعضها فى داخل إقليم معين ولا يبدو أنها تؤدى إلى حدوث تغيرات على المستوى الإقليمى الأكبر. وبالتالى فإنه من المعتاد النظر إلى شكل معين من أشكال المناخ الإقليمى ككيان ثابت لم يتأثر بدرجة ملموسة بفعل النشاط الإنسانى. غير أنه مع تزايد مستوى هذا

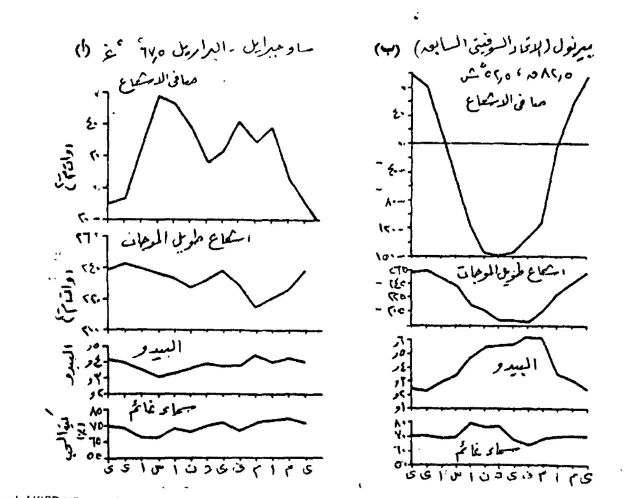
النشاط تزداد احتمالات حدوث مثل هذه التغيرات الإقليمية باستمرار، كما ذكرنا منذ قليل عن المناطق القطبية. ولحسن الحظ، فإننا قد بدأنا نفهم العمليات التى تؤدى إلى نشأة أنماط المناخ الإقليمى المختلفة بشكل أفضل، ونستطيع بهذا أن نحدد الاثار الكامنة والتى يمكن أن تحدث نتيجة لهذه الأنشطة البشرية. وكأمثلة لهذا النوع الجديد من المعلومات والمعرفة نستطيع أن نتفهم حالتى المناخ الاستوائى، والمناخ القارى الداخلى. فالأقمار الاصطناعية تقدم أرصاداً وقياسات للقيم الشهرية المتوسطه لصافى الإشعاع وكذلك الإشعاع طويل الموجة الخارج عند قمة الغلاف الجوى، إضافة إلى الألبيدو الكوكبى للمنطقة، لكل من هذين النمطين من المناخ، مضافاً إليها أيضاً القيم المتوسطة الشهرية لكميات السحب والتى تقدر من مواقع الرصد الأرضية.



(شكل رقم ١-٩) صورة بالأشعة تحت الحمراء مأخوذة بواسطة الأقمار الاصطناعية الجوية ليوم ١٢ يناير ١٩٧٩ تبين اعصارين (مشار إليهما بالاسهم) متجهين الي قرب الحافة البحرية الجليدية في بحري جرينلاند والنرويج.

وبالنسبة للمناخ الاستوائى - الموضح هنا بالنسبة لمنطقة ساوجبرابيل بالبرازيل (شكل رقم : ٢ - ٩ أ) - فإن منحنى صافى الإشعاع يعكس نقطتى حد أقصى، يتفق كل منهما مع الزمن الذى يؤدى وضع الشمس العمودية فيه إلى إيجاد حد أقصى من الإشعاع الشمسى. أما القيم الأقل فى «الربيع» فترتبط فيما يبدو بشكل مباشر بزيادة الألبيدو والناشئة عن وجود السحب بمقادير أكبر. ورغم أن أعلى القيم فى هذا الفصل تحدث عادة فى شهر مارس، إلا أن الارتفاع الزائد فى الألبيدو فى هذا الشهر يقلل بشكل طفيف من هذه القيمة. وهذه الزيادة نفسها يمكن أن تكون نتيجة للتغيرات فى أحوال السحب حيث يعكس منحنى الإشعاع طويل الموجة حداً أدنى من الانبعاث فى هذا الشهر، الأمر الذى يتوافق مع الاقتراح بأن هناك اختلافات فى مقادير السحب - وربما أنواعها - فى هذا الفصل. وتفسير الفارق فى المقدار بين الحدين الأدنيين لصافى الإشعاع هو أمر أقل سهولة؛ فالإشعاع الخارج طويل الموجة فى شهر يونيه يتجاوز مقداره فى شهر ديسمبر. ويمكن إرجاع جزء من المقدار المتبقى إلى الاختلاف الطفيف للألبيدو لكل من الشهرين. إلا أنه قد اقترح أيضاً أن اختلاف المسافة بين الأرض والشمس فى هذين الشهرين يمكن أن يلعب دوراً مؤثراً، الأمر الذى لقى قدراً متواضعاً من الاهتمام فى الماضى، وبشكل عام فإن الاختلاف السنوى فى التدفقات صغير المقدار، كما يمكن أن يتوقع فى هذه المنطقة الاستوائية، حيث تتفاوت درجات الحرارة السطحية بدرجات طفيفة على مدار العام. ومع هذا فإنه يمكن القول - بالنسبة للعام ككل - أن حالة السحب تلعب دوراً حيوياً فى نشأة هذا المناخ الإقليمى والمحافظة عليه.

أما بالنسبة للمناخ القارى الداخلى لمناطق العروض الوسطى فإن مقدار التفاوتات الموسمية يكون أكثر وضوحاً (شكل : ٢ - ٩ب). وبشكل خاص فإن منحنى الألبيدو تكون له دورة سنوية مميزة. وهذا يمكن ربطه مباشرة بتغير أحوال السطح من غطاء نباتى فى الصيف إلى ثلوج فى الشتاء. ويكون دور السحب أقل أهمية فى تغيرات الألبيدو، رغم أن انخفاض كميات السحب من شهر ديسمبر إلى شهر فبراير يؤدى إلى زيادة فى الألبيدو حيث تكون أجزاء كبيرة من السطح عالى الانعكاسية معرضة للإشعاع الشمسى. وعلى هذا فإنه بالنسبة لهذه المنطقة فى هذا الفصل من السنة يكون تأثير السحب معاكساً لتأثيرها فى حالة المناخ الاستوائى. ويمثل منحنى صافى الاشعاع استجابة للتفاوتات الموسمية الكبيرة فى الإشعاع الشمسى، غير أن التذبذبات السنوية تقل نتيجة لأن الإشعاع طويل الموجة الخارج يكون عند حد أدنى خلال فصل الشتاء، الأمر الذى



(شكل رقم ٢٠ - ٩) : الخواص المناخية لموقعين : (أ) ساو جبرابيل بالبرازيل Sao Gabriel Brazil (ب) بيرنول بالإتحاد السوفيتي (سابقا) Bernaul, USSR مقدرة من ملاحظات جهاز المسح الراديومتري على متن القمر الاصطناعي NOAA (القياسات الخاصة بالنسبة المئوية لمقدار السحب هي خصصة مقدرة سطحيا في هذا الشكل).

يعد نتيجة مباشرة لتأثير درجة حرارة السطح. وهكذا فإنه يبدو أن ظروف السطح - بصفة عامة مرة أخرى - تمثل العامل الحيوى الذى يجب أن يؤخذ فى الحسبان فيما يتعلق بتطور أنماط المناخ القارية الداخلية.

وتقترح الأمثلة التى أوردناها أن التغيرات المناخيه إقليمية المستوى يمكن أن تحدث وأنها قد لاترتبط بالضرورة بالتغيرات العامة للأرض ككل. غير أنها تتطلب تعديلات فى نوع الأسطح التى تغطى مساحات واسعة. وعلى هذا، فإنه على الرغم من أن تغيرات صغيرة ربما تحدث بشكل مستمر نتيجة لأسباب طبيعية بالكامل، ورغم وجود امكانية حدوث تغيرات اصطناعية كبيرة أيضاً إلا أن تأثير النشاط الإنسانى يعد فى الوقت الحاضر صغيراً. فمعظم التغيرات التى تحدث بفعل الإنسان هى بالتأكيد تغيرات محلية المستوى ولا يمكنها بعد أن تغير من التوزيع الحالى لانماط المناخ الإقليمى.

ويمكن استخدام معلومات كتلك التى ناقشناها سابقاً لاقتراح الآثار الكامنة التى يمكن أن تحدث كنتيجة لتأثيرات الأنشطة البشرية على المناخ الإقليمى. وهذه الاقتراحات يجب الوصول إليها بضم هذه الآثار البشرية المتوقعة فى برامج المحاكاة (المتشابهات) للمناخ الحالى. وفى الآونة الأخيرة فقد تم تطويع البرامج الخاصة بالمستويات العامة للأرض ككل، لكى تتضمن الأحوال المناخية الإقليمية عن طريق التأكيد على تلك العمليات والظواهر المناخية مثل كميات السحب أو لأحوال السطحية التى تمثل أهمية خاصة لإقليم مناخى معين. ولقد تركز أغلب الاهتمام على دور التغيرات السطحية حيث أنها تتعلق بالإقليم الذى يمكن أن يتعرض - بفعل النشاط البشرى - لما يمكن أن نعده تغيرات مناخية إقليمية المستوى. وقد تركزت الاهتمامات بشكل خاص حول أثرين ممكنين لهذاالنشاط البشرى، وهما ظاهرتا التصحر Desertification وإزالة الغابات Deforestation.

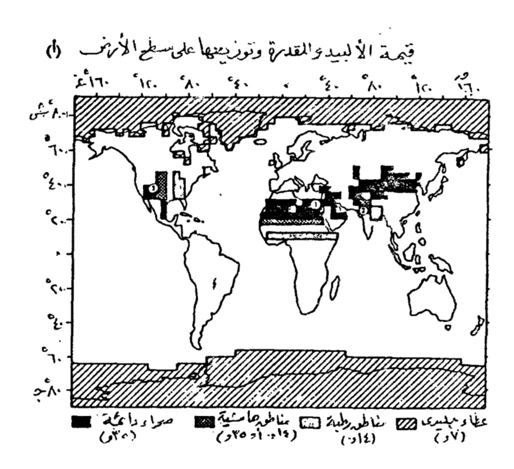
التصحر

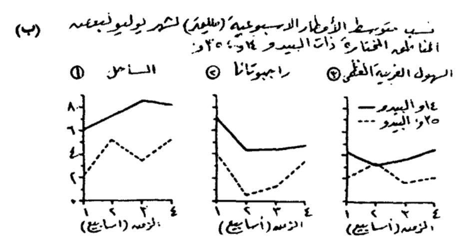
سبق القول بأن التغيرات فى مظاهر سطح الأرض فى المناطق الجافة وشبه الجافة يمكن أن تؤدى إلى زيادة حالة الجفاف فى هذه المناطق، فالغطاء النباتى البسيط والمتفرق أصلاً فى هذه المناطق يمكن أن يزال بتأثير تغيرات صغيرة نسبياً فى المناخ، أو عن طريق النشاط الإنسانى المتمثل فى الإفراط فى الرعى على هذا الغطاء النباتى المحدود، وعندما يزال الغطاء النباتى وينكشف سطح الأرض تنخفض قدرة الأرض على

الاحتفاظ بالماء، نتيجة لزيادة معدلات الجريان السطحى، كما يزداد الألبيدو. وهذان العاملان يؤديان إلى التأثير على درجة حرارة السطح بطريقتين متضادين. فمع انخفاض مقدار الرطوبة المتاحة يؤدى انخفاض تدفق الحرارة إلى ارتفاع فى درجة حرارة السطح، بينما زيادة الألبيدو ينتج عنها انخفاض فى درجات الحرارة. وتبين حسابات نماذج المحاكاة أن هذا التأثير الأخير يكون هائلاً. وبناءاً على هذا يكون الافتراض بأن زيادة التبريد سوف تؤدى إلى ركود كبير المستوى، وتحت هذه الظروف من الهواء الهابط فإن تكون السحب والتساقط يكونان مستحيلين فتزداد حالة الجفاف. ولا يمكن اختبار صحة هذه النظرية بالملاحظات أو القياسات الفعلية فى المناطق الجافة حيث أن الألبيدو السطحى يتغير بقدر ضئيل على المستوى السنوى. إلا أن المعلومات الخاصة بتدفق الطاقة من النوع الذى يمكن الحصول عليه للمناخ القارى الذى ناقشناها آنفاً وحيث كان الألبيدو يتغير بالفعل بدرجة كبيرة، يمكن أن تستخدم لعمل نموذج للتأثيرات الممكنة فى هذا الشأن. ويوضح شكل (٣ - ٩) نتيجة واحدة من نماذج المحاكاة،. وهذا النموذج هو نموذج مشابه لمستوى الأرض كلها، إلا أنه يركز على تغير الألبيدو السطحى لمجموعة المناطق شبه الجافة. ويمكن أن نرى أنه يبدو أن زيادة الألبيدو السطحى تؤدى إلى التقليل من معدلات الأمطار. ويركز استخدام المحاكاة على المستوى الشامل لكوكب الأرض على حقيقة أن كل أجزاء النظام المناخى متصلة ومترابطة. ورغم أن هذا النموذج بالذات يتضمن تبسيطات عديدة إلا أن النتائج المستخلصة منه تعكس نوع التأثيرات المناخية التى يمكن حدوثها بسبب تأثير السطح.

ازالة الغابات

حينما يزال ما على سطح الأرض بغرض إعدادها للزراعة تتغير خصائص هذا السطح، ويمكن أن يكون هذا التغير واضحاً بشكل خاص إذا ما حلت زراعة محاصيل حقلية محل الغابات. وفى الوقت الحاضر يقع حوالى ١٠ ٪ من مساحة الأرض على مستوى الكوكب كله فى إطار النشاط الزراعى، بينما تشغل الغابات حوالى ٣٠ ٪ منه. غير أن مساحة الغابات - لا سيما فى المناطق المدارية - تتعرض للتناقص. بمعدلات سريعة، الأمر الذى يعنى أيضاً أن الخصائص السطحية لهذه المساحات الواسعة تتعرض للتغير. وإحدى المناطق التى تتعرض لعمليات إزالة للغابات هى منطقة حوض الأمزون فى البرازيل. وتشير البيانات الخاصة بمنطقة ساو جبرايل، المشار إليها سابقاً، إلى أن





شكل رقم (٢-٩) : (أ) توزيع المناطق التي شملها تغيير قيمة الألبيدو Albedo في تجارب النموذج المناخي المصمم لبحث ظاهرة التصحر.

(ب) الاشكال البيانية توضح أثر زيادة الألبيدو السطحي في ثلاث مناطق ذات تبخر حر.

كميات السحب وكذلك أحوال السطح تتحكم فى المناخ. وعلى هذا - وعلي خلاف الظروف التى تؤدى إلى حدوث التصحر - فإن التغير المهم يتعلق بالخصائص المائية وليس إلى تغيرات الألبيدو. فمن الثابت بالفعل - على سبيل المثال - أن كثيراً من الغابات الأوروبية لها معدلات من طاقة التبخر / النتح تبلغ حوالى ٨٥٠ ملليمتر فى العام، بينما المسطحات الأرضية المكشوفة القريبة منها تكون معدلاتها أقرب إلى ٤٥٠ ملليمتر فى العام. وطبيعى أن تكون القيم أعلى فى المناطق المدارية، إلا أن الفروق بين المعدلات كبيرة بشكل ملحوظ. ولبحث تأثير عملية إزالة الغابات فى البرازيل، فإن نموذجاً للمحاكاة قد صمم بالنسبة للأرض ككل بحيث يركز على تغير التدفق الرطوبى فى المناطق المدارية. وفى هذا النموذج تم تحويل غطاء الغابات الاستوائية فوق مساحة قدرها ٥ مليون كيلومتراً مربعاً من منطقة حوض الأمزون إلى منطقة حشائش السافانا. وعلى الرغم من أن هذا يمثل تغييراً ضخماً إلا أنه بمعدلات إزالة الغابات التى تتم حالياً يمكن أن يتم فى خلال ٣٠ - ٦٠ عاماً. وقد قام النموذج بتحويل الغطاء النباتى على الفور تقريباً ولكنه استغرق بعد ذلك حوالى ٥ سنوات لكى يعود إلى الأحوال المناخية المستقرة تقريباً. وفى النهاية وجد أن كلا من التساقط والتبخر تناقصاً بقيمة تقدر بحوالى ١٠ ٪. وكان هناك تغير طفيف فى درجة الحرارة السطحية ربما لأن انخفاض تدفق الحرارة بعيداً عن السطح كان يتم تعويضه بالزيادة الطفيفة فى الألبيدو. كما أن التغيرات فى الرطوبة اتخذت شكل ظاهرة إقليمية المستوى، إلا أنه لم تكن هناك أية تغيرات ملحوظة على مستوى الأرض ككل. غير أن هذا النموذج لم يأخذ فى الحسبان زيادة معدلات غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو والتى قد تنتج عن عمليات إزالة الغابات بهذا الحجم الهائل.

مشكلة الطاقة والمناخ

يعتقد كثير من العلماء، منذ ما يقرب من ثلاثة عقود مضت، أنه على مدى العقود القليلة القادمة، ربما تجد الدول الصناعية الكبرى فى العالم الآن نفسها مضطرة إلى اتخاذ قرار، هل ستظل تعتمد على أنواع الوقود الحفرى (الفحم والبترول) المختلفة كمصادر رئيسية للطاقة، أم أنها ستستخدم البحث العلمى ورأس المال للكشف عن مصادر طاقة بديلة يمكن أن تحل محل الوقود الحفرى خلال العشرين سنة القادمة. وإذا كان الحصول على المصادر البديلة تعترضه الكثير من العقبات والصعوبات، إلا أن النتائج المناخية التى يمكن أن تترتب على الاستمرار فى استخدام الوقود الحفرى لمدة قرن أو قرنين أخرين ستكون لها آثارا ضارة بدرجة لا تترك أمام الإنسان مجالا للاختيار. وحيث أن مثل هذا

القرار لن تظهر نتائجه الا بعد حوالى خمسين سنة، فأنه لن يجد كثيراً من الاهتمام على المستوى الاجتماعى والسياسى فى الوقت الحاضر. ومع ذلك فأن ما يعطى لمثل هذا القرار أهميته، أن الأسس العلمية والتكنولوجية اللازمة لتنفيذه ستحتاج الى عشرات من السنين، وإلى جهود لم يسبق لها مثيل. هذا وليست هناك مصادر طاقة من المصادر البديلة للوقود الحفرى ذات أهمية فى الوقت الحاضر للاستخدام الصناعى العالمى، ومن ثم فأن الاتجاه الى مصادر أخرى يتطلب عقوداً عديدة. كما أن التوصل الى طرق يمكن استخدامها للحصول على تقديرات موثوق بها للتغيرات المناخية التى تنجم عن الاستمرار فى استخدام الوقود الحفرى تحتاج الى عشرات من السنين على الأقل.

وتدور التساؤلات، التى نناقشها فى هذا الجزء من الفصل، حول الزيادة فى مقدار غاز ثانى اكسيد الكربون فى الغلاف الجوى كنتيجة للاستمرار والتوسع فى استخدام الوقود الحفرى كمصدر رئيسى لطاقة. ونحدد هنا أربعة أسئلة هامة فى هذا المجال هى: ما الاحتمالات المتوقعة لمستقبل درجة تركز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى على ضوء معدلات احتراق الوقود الحفرى؟، ما التغيرات المناخية المتوقعة نتيجة زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، ما النتائج المتوقعة لمثل هذه التغيرات المناخية على المجتمعات البشرية والبيئية الطبيعية؟، ما الجهود البشرية المضادة، اذا ما كانت هناك ثمة جهود، يمكن أن تقلل من التغيرات المناخية، أو تخفف من نتائجها؟ وسنعرض هنا مناقشة السؤالين الأول والثانى، أما السؤالين الآخريين فسنرجئ مناقشتهم إلى الفصل التالى (الفصل الثامن) عند الحديث عن الاحتباس الحرارى والتغيرات المناخية

الطاقة وعلاقتها بالمناخ

يمكن المتخصصون فى دراسة العلاقة بين الطاقة والمناخ من تحديد ثلاثة منتجات ثانوية تتولد عن انتاج الطاقة واستهلاكها هى الحرارة والجسيمات الدقيقة والغازات التى لها قدرة على احداث تعديل غير متعمد فى مناخ العالم. ومن المعروف منذ فترة من الوقت ان المدن تخلق مناخها المحلى المميز لها (انظر الفصل الخاص بالمناخ والمدن فى هذا الكتاب). وقد تصور العلماء فى البداية، أن زيادة التحضر وبناء المجمعات الكبيرة التى تعتمد على توليد الطاقة وما شابه ذلك، ربما تؤدى من خلال مخرجاتها من حرارة وجسيمات دقيقة وغازات الى حدوث اضطرابات فى نظام المطر أو تؤثر فى ظاهرات مناخية أخرى على المستوى العالمى. وعلى أية حال أظهرت الدراسات أن أى احتراق ينتج عنه ثانى أكسيد الكربون سيكون له امكانية كبيرة واضحة على احداث اضطراب فى مناخ العالم خلال العقود القليلة القادمة.

واذا كان ثانى أكسيد الكربون يتمتع بشفافية خاصة للموجات القصيرة من الاشعاع الشمسى (الضوء) فأنه يفقد هذه الخاصية بالنسبة للموجات الطويلة (الحرارة) حيث يمتصها بكثرة فى الوقت الذى تكون فيه غازات الغلاف الجوى الاخرى ذات شفافية لهذه الموجات الطويلة. ومن هنا يعوق تواجد ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى الاشعاع الحرارى المنبعث من سطح الأرض من الانطلاق والتشتت نحو الفضاء الخارجى. ومن هذا المنطلق تؤدى زيادة كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى الى الاخلال بالتوازن بين الاشعاع الشمسى الداخل والاشعاع الحرارى الأرضى المنطلق نحو الفضاء الخارجى، مما يؤدى الى زيادة واضحة فى درجة حرارة الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى. وتعرف هذه الظاهرة علمياً بأسم «أثر البيوت الزجاجية أو الصوبات الزجاجية Green House Effect» نظراً للتشابه بين دور كل من ثانى أكسيد الكربون والزجاج فى البيوت الزجاجية فى احتجاز حرارة الشمس وخاصة من خلال منع انتقالها بالحمل. وبالتالى يمكنا القول ان نتائج خطيرة ربما تظهر نتيجة لزيادة حمولة الجسيمات فى العلاف الجوى، أو نتيجة لتكوين مواقع ذات حرارة عالية نتيجة للتوزيع غير المتوازن فى الاستخدام البشرى للطاقة. ورغم التكلفة العالية فمن الواضح أنه من الممكن ضبط مستوى الجسيمات التى يطلقها النشاط البشرى فى الغلاف الجوى، خاصة وأن هناك من الأسباب الأخرى ما يدعونا لذلك غير التأثيرات المناخية المتوقعة. واذا كانت النماذج المناخية حالياً لا تزال غير قادرة على التكهن بدرجة وثوق كبيرة بأى تغيرات مناخية متوقعة على نطاق واسع نتيجة للتوزيع الجغرافى غير العادل للحرارة التى تنطلق نحو الغلاف الجوى من خلال استخدامات الإنسان للطاقة، إلا أن تطور الفهم للمناخ، وهو الامر المطلوب للإجابة على الاسئلة الخاصة بتأثير ثانى أكسيد الكربون، يجعل فى الامكان أن نعطى تقديرات مفيدة عن الآثار المناخية المتوقعة لاطلاق الحرارة غير المتوازن على سطح الأرض. فحتى اذا ما وصل سكان العالم فى المستقبل نحو عشرة مليارات نسمة، ومع تزايد استخدام الإنسان للطاقة بمعدل يبلغ عدة أضعاف معدل الاستخدام فى الوقت الحاضر فأن هذا كله سيطلق كمية من الحرارة تعادل فقط ٠.٠٠١ من صافى طاقة الأشعة الشمسية التى يستقبلها كوكب الأرض. ونظراً لقصر الوقت الذى تبقى فيه الجسيمات الدقيقة عالقة فى الطبقة الهوائية القريبة من سطح الأرض. فان خطورتها تبدو قليلة لأن الغلاف الجوى يمكن أن يستعيد نظافته خلال بضعة أسابيع.

واذا كانت متوسطات درجة حرارة كوكب الأرض تمثل أحد المعطيات التى ترتبط ببعضها البعض ديناميكيا والتى تتخذ أساسا لوصف المناخ، فان المعطيات الأخرى تتمثل فى الخصائص الاحصائية للحرارة وكمية السحب والتساقط والرياح. ومن الأمور المعروفة أن أى تغير ولو محدود فى أى من هذه المعطيات يمكن أن يؤدى إلى تحول رئيسى فى مناخ كوكب الارض. وتشير السجلات التاريخية والدلائل غير المباشرة للمناخات فى الماضى الى حدوث تغيرات واضحة فى درجات الحرارة والتساقط وكمية الثلوج. فمن المعروف أن زمن الحياة الوسطى الجيولوجى الدافئ انتهى منذ حوالى ٦٠ مليون سنة وبدأت من بعده عملية تبريد تدريجية مؤدية الى العصر الجليدى فى بداية القسم الرباعى من زمن الحياة الحديثة وقد تميزت فترة المليونى سنة الأخيرة بتعاقب الفترات الجليدية التى كان يتخللها فترات دفيئة. وقد انتهت أحدث الفترات الجليدية منذ حوالى ١٠,٠٠٠ سنة والتى كانت فيها متوسطات درجة الحرارة فى العروض الوسطى أقل بنحو ٥° – ١٠° م عن درجة الحرارة التى تتسم بها هذه العروض فى الوقت الحاضر.

ومما تجدر الاشارة إليه أن مقدار فهمنا لبعض العمليات الاساسية التى تحكم التغير المناخى لازال محدوداً. ومن هنا لا زلنا نجهل عما اذا كانت التغيرات المناخية تحدث على مراحل انتقالية من حالة متوازنة مستقرة الى حالة أخرى تختلف عنها بصورة فجائية، أو أنها تحدث بصورة انتقالية تدريجية من خلال استمرارية الظروف المناخية. وعلى أية حال فأن حدوث كلا نوعى التغير أمر ممكن من خلال التغيرات فى المؤثرات الخارجية مثل كمية الاشعاع الشمسى أو بواسطة اعادة التوزيع الداخلى الذاتى للطاقة داخل المكونات الطبيعية للنظام المناخى. وفى كلا الحالتين فإن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون تزيد وتعمق من هذه التغيرات المناخية. فإذا كانت التغيرات المناخية مرحلية، فأن حدوث اضطراب فى المناخ نتيجة للزيادة الكبيرة فى ثانى أكسيد الكربونن يصبح أمراً مزعجاً بصفة خاصة وذلك لأن هذا التغير وأن كان بطيئاً فأنه يكون نذيراً بتحول مفاجئ نسبياً الى أنظمة مناخية جديدة. وإذا ماكانت التغيرات المناخية تدريجية، فأن الآثار الناجمة عن زيادة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى ستنمو بشكل مطرد ليحدث انتقال عالمى تدريجى بصورة أكبر فى المناخ. وفى كلا الحالتين سيحدث انتقال للنطاقات الزراعية نتيجة للتغيرات الفصلية لدرجات الحرارة وأنماط التساقط. ويمكن أن يكون تأثير مثل هذه التغيرات على انتاج الغذاء ضاراً وقاسياً وخاصة بالنسبة للدول التى

تمارس نوعاً من الزراعة الهامشية. ولهذا السبب وغيره من الأسباب فأن توقع حدوث تعديلات وتغيرات فى مناخ العالم من جانب الإنسان أمر يجب أن يؤخذ فى الحسبان وبجدية بالغة.

واذا كان التغير المناخى المتوقع سيصبح أمراً ملموساً، فأنه يصبح من الضرورى فى هذه الحالة أن نغير سلوكنا تجاه استخدام الوقود الحفرى. واذا ما كانت الوسائل العملية الخاصة بضبط نفايات ثانى أكسيد الكربون غير متاحة فى الوقت الحاضر، فأنه لا مفر من ممارسة أى ضبط يؤدى إلى تقليل اطلاق ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. ومما يدعو للجدل فى مواجهة التغير المناخى غير المؤكد أن الموقف العاقل يتمثل فى حرية العمل. ولكن لسوء الحظ أن التخلص الطبيعى من آثار استهلاك وقود حفرى لمدة قرن من الزمان قد يستغرق حوالى مليون سنة تقريباً. ولهذا السبب لو تأجل اتخاذ مثل هذا القرار حتى نستشعر تأثير التغيرات التى يصنعها الإنسان، فان ذلك سيؤدى حتما إلى فناء العالم كله لا محالة.

نمو السكان والطاقة

على الرغم من أنه لم يتضح حتى الآن أية آثار مناخية ملموسة على نطاق العالم رغم مضاعفة استخدام الطاقة من جانب الانسان عدة مرات منذ الانقلاب الصناعى، إلا أنه يجب أن ينظر الى مستقبل هذه العلاقة بأهمية بالغة. ومن ثم تصبح تقديرات أعداد سكان العالم فى المستقبل، ومستقبل مصادر الطاقة واستخداماتها أساسية لتقدير مثل هذه الآثار المناخية المتوقعة مستقبلا. وقد أخذ المتخصصون على عانقهم العمل على تحقيق مثل هذه التقديرات والتى تعد نقطة انطلاق معقولة للتحليل والتكهن بالعلاقة بين كل من نمو السكان من ناحية، واستمرار الحاجة لمزيد من الطاقة بصورة أكثر وأكثر من ناحية ثانية.

ويعتقد جمهرة العلماء أن عدد سكان العالم سيبلغ مع اقتراب نهاية القرن الحادى والعشرين نحو عشرة آلاف مليون نسمة وسيبلغ مجموع استهلاك الطاقة أكثر من خمسة أمثال الحجم الاستهلاكى الحالى ومما يدعوى للدهشة أن مصادر الوقود الحفرية وبصفة خاصة الفحم هى التى ستتحمل عبء تزويدنا بمعظم هذه الطاقة. وسيصبح الانتاج السنوى للحرارة وثانى أكسيد الكربون على هذا الأساس أكثر من خمسة أمثال المستويات الحالية، بينما تبلغ كمية الانتاج السنوى للجسيمات الدقيقة (بسبب الحاجة لاستخدام

مصادر وقود حفرية أكثر تلوثا) أكثر من ٢٠ مرة بالنسبة للقيم الحالية لها، ولهذا سيساهم الإنسان فى إطلاق كمية ضخمة جداً من الحرارة، ومع هذا ستظل هذه الكمية جزءاً ضئيلاً بالقياس الى طوفان الطاقة الشمسية سواء على المستوى العالمى أو الاقليمى، وأن كان تركيز مثل هذه الحرارة يمكن أن يكون كبيراً على المستوى المحلى. واذ كان انتاج الجسيمات الدقيقة كبيراً جداً، فليس هناك سبباً يدعونا أن نتوقع بأن اطلاق هذه الجسيمات فى البيئة سيكون كبيراً بنفس الدرجة. بل على العكس فأن هناك أكثر من سبب يدعو الى افتراض أن الوسائل الحالية لضبط كمية الجسميات الدقيقة ستتطور بدرجة عالية. اذ أن تزايد أطلاق الجسميات بمعدل يبلغ ٢٠ ضعفا بالقياس للمستوى الحالى، سيكون بالتأكيد أمراً غير محتمل بسبب خطورته على صحة الإنسان.

وقد استطاع بعض المتخصصين أن يحسب كمية الطاقة المستخدمة عام ١٩٧٣ والتى بلغت ما يعادل ٧,٦ ألف مليون طن مترى من الفحم. وتعادل هذه حوالى ٠,٠١ ٪ من كمية الاشعاع الشمسى الذى تستقبله الأرض. وتشير الأرقام التى تقدر لسنة ٢٠٧٥ الى أن مجموع الطاقة المستخدمة بواسطة الانسان ستبلغ ٧٦ ألف مليون طن مترى من الفحم أى حوالى ٠,١ ٪ من الطاقة الشمسية الداخلة. واذا كان التأثر المناخى بالحرارة المضافة سيكون صغيراً على المستوى العالمى، فأن هذا التأثر ربما يكون كبيراً على المستوى المحلى. ففى اليابان على سبيل المثال تقدر الحرارة التى تنبعث من استخدامات الانسان للطاقة بحوالى ٢,٦ ٪ من كمية الاشعاع الشمسى التى يتم امتصاصها عند سطح الأرض، وتبلغ هذه النسبة فى غرب أوربا حوالى ٠,٦ ٪. وحتى مع زيادة السكان الى حوالى ٢٠ ألف مليون نسمة وارتفاع معدل استخدام الفرد للطاقة بما يعادل ١٠ أمثال المتوسط العالمى الحالى (ضعف المتوسط فى الولايات المتحدة ١٩٧٥) . فإن مجموع الطاقة المستخدمة ستبلغ ما يعادل ٤٠٠ ألف مليون طن مترى من الفحم. أو ٠,٣ ٪ فقط من مجموع الاشعة الشمسية الممتصة من قبل الأرض. وتشير نماذج الدورة المناخية العامة الحالية أنه اذا ما توزعت الحرارة المنطلقة توزيعا عادلاً على سطح الأرض فأن الزيادة المتوقعة فى متوسط حرارة الطبقات السطحية من الغلاف الجوى على العالم ستبلغ ٠,٦ْم ولكنها ربما تتراوح بين ٢ْ – ٣ْ م فيما وراء دائرتى عرض ٥٠ْ شمالاً وجنوباًفى اتجاه القطبين.

أكبر كارثة طاقة في القرن العشرين

حدثت إحدى أكبر كوارث التلوث الجوى فى القرن العشرين نتيجة لاشتعال النيران فى عدة مئات من آبار النفط فى الكويت فى بداية العقد التاسع من القرن العشرين الماضى. وبالرغم من صعوبه التوصل إلى معلومات دقيقة حول وضع السحابة الدخانية السوداء التى تشكلت بسبب احتراق النفط، تشير التقديرات إلى اشتعال النيران فى حوالى ٥٠٠ - ٦٠٠ بئر نفطية فى الكويت، وإلى أن السحابة غطت الكويت وأجزاء من جنوب العراق وغرب إيران وشرق السعودية والبحرين، الأمر الذى جعل المشكلة إقليمية تمتد آثارها عبر الدول المجاورة للكويت، وقد أثرت أيضاً بشكل غير مباشر على مناطق أبعد صلت إلى الهند وشرق أفريقيا وجنوب أوروبا. وقد لوحظ، على سبيل المثال، سقوط أمطار سوداء فى كل من إيران وجنوب تركيا وسقطت ثلوج «سوداء» على جبال الهملايا شمال الهند.

وقدرت كمية النفط المحترقة بأربعة ملايين برميل يومياً. أما كميات الهباء الجوى Aerosoles الناشئ عن الحرائق فقدرت بنحو ٥٠٠ ألف طن فى الشهر. وقد سببت هذه الحرائق، حسب اعتقاد عدد كبير من العلماء، أكبر كارثة تلوث جوى فى القرن العشرين. وشبه أحد خبراء برنامج الأمم المتحدة للبيئة هذه الكارثة بكارثة تشيرنوبل. وذكرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية أن عشرات ملايين الأمتار المكعبة من الغازات انبعث يومياً من الآبار المشتعلة. واعتقد بعض الخبراء أن استمرار اشتعال النيران فى آبار النفط لمدة أربعة أشهر سيؤدى إلى تشكيل سحابة سوداء فوق منطقة مساحتها أربعة ملايين كيلومتراً مربعاً، الأمر الذى نشأ عنه انخفاض درجة الحرارة فى تلك المنطقة عن معدلها المعتاد فى مثل هذا الوقت من كل عام. وكان لإستمرار اشتعال الآبار عواقب وخيمة وآثار أيكولوجية بعيدة المدى، أى أنها قد أثرت على نمط المناخ العالمى محدثة أضراراً جسيمة على طبقة الأوزون ودرجات الحرارة العالمية.

ومع أن الآثار البيئية لاحتراق آبار النفط شكلت كارثة لا مثيل لها على الكويت وبعض المناطق المجاورة لها، إلا أن التأثير على البيئة فى الدول المجاورة يعد أقل خطورة بشكل كبير. فكثافة الدخان تتشتت بفعل الرياح كلما ابتعدت السحب عن مراكز الاحتراق، مما يقلل بحدة الآثار السلبية لهذه السحب. وقد أظهرت النتائج الأولية لدراسة أمريكية حديثة حول آثار التلوث فى الخليج أن الغازات السامة الناجمة عن احتراق حقول النفط الكويتية لم تصل إلى مستويات خطيرة خارج الكويت. لكن مما يزيد من خطورة

التلوث الجوى الناتج عن الحرب أن إطفاء آبار النفط المحترقة فى الكويت احتاج إلى فترة طويلة زادت عن السنة. فمن ناحية كان يجب التخلص من الألغام المحيطة بهذه الآثار، كما أن إرسال رجال الإطفاء مع معداتهم الضخمة قد احتاج إلى شهرين، حيث أن كل بئر تطلب بين ١٠٠ - ١٥٠ ألف طن من المياه لإطفائه.

وتكونت السحب الدخانية الناتجة عن احتراق آبار نفط الكويت من مركبات وغازات ملوثة للهواء مثل ثانى أكسيد الكبريت وثانى أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وعشرات المركبات الهيدروكربونية متعددة الحلقات التى تعد مسرطنة. ويؤدى استنشاق هذه الغازات والجسيمات الى أضرار صحية. وتكمن خطورة الجسيمات الدقيقة الناتجة عن احتراق النفط فى حجمها، إذ أن صغر حجمها الذى يقل عن ١٠ بيكومترا (البيكومتر يساوى ٠,٠٠٠٠٠١ ملليمتر) يجعلها قادرة على دخول الرئتين والحويصلات الهوائية والتأثير على الجهاز التنفسى.

ويمكن أن يؤدى اشتداد حدة تلوث الجو إلى الإصابة بأمراض الرئة والقلب على المدى الطويل. كما يؤدى التلوث إلى تسمم الطعام والمياه ومن ثم تعريض من يتناولهما إلى الأمراض. وتقل حدة التلوث البيئى بالطبع مع ابتعاد المنطقة عن الآبار المحترقة. إلا أن كثافة التلوث فى الدول المجاورة أقل كثيراً منها فى الكويت. لذلك فإن الأضرار الصحية للسحابة الدخانية تعد محدودة فى تلك المناطق. فالأطفال وكبار السن قد يتعرضون لضيق فى التنفس نتيجة للتلوث، وقد يتعرض البعض لنوبات حساسية شبيهة بحالات الربو إضافة إلى حدوث زيادة فى الأمراض القلبية. كما أن الجسيمات الدقيقة فى الهواء تهيج الغشاء المخاطى للجهاز التنفسى، مما يؤدى إلى الإصابة ببعض الأمراض التنفسية المزمنة مثل الربو والسعال الحاد.

من جهة أخرى يعد نفط الكويت غنياً بمادة الكبريت، التى تشكل نسبة ٢,٥ فى المائة منه. واحتراق ٤ ملايين برميل يومياً لمدة عام كامل قد أدى إلى إنتاج حوالى خمسة ملايين طن من ثانى أكسيد الكبريت وإطلاقها فى الغلاف الجوى، إضافة إلى حجم مماثل من أكاسيد النيتروجين التى قد تؤدى إلى سقوط أمطار حمضية. إلا أن تأثير الأمطار الحمضية فى الكويت والمناطق المجاورة لها يعد محدوداً عموماً بسبب ندرة الأمطار من ناحية ولأن الطبيعة القاعدية للتربة تقلل من التأثيرات السلبية للأمطار الحمضية التى تتعادل معها من ناحية أخرى.

وفيما يتعلق بمدى التأثر الأيكولوجى لاشتعال آبار النفط، مازال هناك جدل بين العلماء حول ما إذا كانت الآثار ستحدث تغيرات فى أنماط المناخ والتلوث فى الغلاف الجوى. ولكن مدى اتساع رقعة التلوث الجوى يعتمد على مدى الارتفاع الذى تصله الأدخنة. فإذا قدر للدخان أن يصل إلى طبقات الجو العليا فإنه سيبقى هناك لفترة طويلة قد تصل إلى سنوات، فضلاً عن دخوله ضمن دورة التيارات الهوائية العليا بحيث يعم تأثيره على جميع أنحاء العالم. أما إذا كان الارتفاع الذى تصل إليه الأدخنة منخفضاً فأغلب الظن أنه سيعود فى فترة زمنية وجيزة إلى الأرض ويصبح تأثيره محلياً.

ويبدو أن الدخان لم يصل إلى الارتفاعات العليا التى تنبأ بها بعض علماء المناخ والبيئة، لذلك فإن معظم التأثيرات البيئية لاشتعال النفط الكويتى من المرجح أن تكون محلية ومحصورة فى المناطق المجاورة. لكن تخوف بعض العلماء من أن تؤدى حركة الرياح إلى نقل كتل السحب الدخانية السوداء غرباً ونشر التلوث فوق سماء القارة الإفريقية الأمر الذى قد يفاقم من أوضاع المجاعة فى بعض الدول مثل السودان وأثيوبيا.

كما أن كثافة السحب الدخانية قد أدت إلى حجب الشمس ومن ثم انخفاض معدلات وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض مما يسبب انخفاض درجات الحرارة. وشبه بعض العلماء حالة الجو فى الكويت نتيجة لاحتراق مئات آبار النفط بالشتاء النووى الذى تخيل العلماء حدوثه نتيجة لحرب نووية، حيث يؤدى الغبار المتطاير إلى تشكيل سحب كثيفة تمنع أشعة الشمس من اختراقها، فيعم الظلام والبرد لفترات طويلة قد تؤثر على أنماط المناخ وتدمر الزراعة على الأرض. إلا أن مثل هذه الحالات حدثت فقط فى مناطق اشتعال آبار النفط حيث حجبت السحابة السوداء أشعة الشمس وتحول النهار إلى ظلام دامس نتيجة لكثافة الدخان المتصاعد من الآبار المشتعلة. ويشير بعض العلماء إلى احتمال هبوط معدل درجة حرارة الجو فى منطقة الكويت عدة درجات مئوية. ويؤثر هذا الأمر سلبياً على الإنتاج الزراعى وبالتالى تراجع كميات المحاصيل المنتجة. إلا أن علماء البيئة والمناخ يستبعدون فى الوقت الحالى أن يكون لاحتراق آبار النفط فى الكويت آثار مناخية طويلة المدى.

من ناحية أخرى خشى خبراء البيئة والمناخ من أن تسبب الكمية الضخمة من غاز ثانى أكسيد الكربون والأكاسيد الأخرى المنبعثة من الآبار المشتعلة إلى المساهمة فى ظاهرة الدفيئة أو البيت الزجاجى (أى ارتفاع معدل درجات الحرارة على سطح كوكب

الأرض) . وتعد ظاهرة الدفيئة – التى تسمى أيضاً بالاحتباس الحرارى التى ستأتى دراستها بالتفصيل في الفصل التال (الفصل الثامن) – ذات آثار خطيرة على البيئة، فهي تؤدى إلى ذوبان الثلوج وارتفاع مستوى مياه المحيطات والبحار وإغراق مساحات ساحلية شاسعة، إضافة بالطبع إلى آثارها السلبية على عملية "إنتاج الغذائى. لكن رغم وجود بعض خبراء المناخ الذين يعتقدون باحتمال مساهمة اشتعال آبار النفط فى ظاهرة الدفيئة، يؤكد معظمهم أن آثار هذه الحرائق على المناخ العالمى ستكون محدودة.

تلوث الهواء Air Pollution

يحدث تلوث الهواء بأنواعه المختلفة وبصورة رئيسية فى طبقة التروبوسفير ويمتد قليلاً إلى الجزء الأسفل من طبقة الاستراتوسفير. ومن المعروف أن الهواء الجوى خليط من عدة غازات أهمها الأكسوجين والنتروجين بالإضافة إلى غازات أخرى توجد بنسب أقل مثل ثانى أكسيد الكربون وبعض الغازات الخاملة، مثل الهليوم والنيون والأرجون والكريتون بالإضافة إلى بخار الماء. ويمكن أن نعد الهواء ملوثاً عند اختلال نسب هذا الخليط أو بدخول غازات أو جسيمات غريبة. ولم تظهر هذه المشكلة إلا فى أعقاب التطور الصناعى والتكنولوجى.

ويحدث تلوث الهواء عندما تدخل جسيمات عضوية أو غير عضوية إلى الهواء الجوى وتشكل أضراراً على عناصر البيئة، ونتيجة التغير الكمى والنوعى الذى يطرأ على تركيب عناصر النظام البيئى، فإن النظام البيئى يصاب بعدم الكفاءة وحدوث خلل أو شلل تام به. ويعد تلوث الهواء أكثر أشكال التلوث البيئى انتشاراً نظراً لسهولة انتقاله من منطقة إلى أخرى فى فترة زمنية قصيرة، ويؤثر تلوث الهواء على الإنسان بإصابته بأمراض كثيرة وبالتالى تنخفض كفاءته الإنتاجية، كما ترتفع معدلات الوفيات بسبب زيادة الأمراض المرتبطة بزيادة معدلات تلوث الهواء .كما يقلل تلوث الهواء من الإنتاجية الزراعية بالإضافة إلى التغيرات المتوقعة على المناخ العالمى حيث زيادة الغازات ذات التأثير الصوبى إلى انحباس حرارة تزيد من حرارة كوكب الأرض، وما يتبع ذلك من تغيرات متوقعة فى مستويات البحار، وما ينتج عنه من غرق للمناطق الساحلية، وكذلك يؤثر ارتفاع الحرارة على تخريب نظم الزراعة الحالية ومعدل انتشار الأوبئة والأمراض.

وتنقسم مصادر تلوث الهواء إلى مصدرين أساسيين هما: ٠

(١) المصادر الطبيعية

وهى المصادر التى تتم بفعل الطبيعة أو مكونات البيئة مثل الغازات التى تنبعث من البراكين، والغازات الطبيعية التى تتكون فى الهواء وغاز الأوزون المنتج طبيعياً أو الغبار وغيرها من المصادر الطبيعية والتى لا دخل للإنسان بها.

(٢) المصادر البشرية

وتتمثل هذه المصادر فى الملوثات الصناعية، وقد زاد تأثير المصادر البشرية على البيئة بصفة عامة وتلوث الهواء بصفة خاصة بعد الثورة الصناعية وما تبعها من توسع فى إنتاج واستغلال الوقود الحفرى، وهذه الأنشطة تضيف غازات ومواد كثيرة إلى النظام البيئى الأمر الذى يؤدى إلى بلوغ الحد الحرج وبالتالى تدهور القدرة الاستيعابية لعناصر النظام.

وينتج تلوث الهواء من مصادر بشرية مختلفة أهمها احتراق الوقود لإنتاج الطاقة اللازمة سواء للتسخين أو لتشغيل المركبات كالسيارات والطائرات والسكك الحديدية، إضافة إلى الغازات الضارة الناتجة من المصانع المختلفة كالمصانع الكيميائية والحديد والصلب والأسمنت وغيرها، وأخيراً التلوث الناتج من تشغيل محطات القوى الكهربائية.

ويقاس مدى التلوث بمقدار ما يحدث من تغير فى تركيب الهواء واختلاطه بالغازات الضارة والتى تؤثر على حياة كافة الكائنات. والغازات الضارة المسببة للتلوث تشمل غازات أول وثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين وأبخرة بعض الفلزات السامة مثل الرصاص.

تلوث الهواء بأول أكسيد الكربون

يتميز هذا الغاز بانعدام اللون والرائحة ودرجة السمية العالية حيث يتكون نتيجة الاحتراق غير الكامل للوقود فى السيارات وفى بعض الصناعات مثل صناعة الحديد والصلب وصناعة لب الخشب. وعندما يتنفس الإنسان الهواء الملوث بغاز أكسيد الكربون فإنه يؤدى إلى إقلال نسبة الهيموجلوبين الموجودة فى الدم واللازمة لنقل الأكسوجين اللازم لعملية التنفس وتولد الطاقة لجميع خلايا الجسم. وتجدر الإشارة فى هذا الصدد إلى أن تدخين السجائر يحدث تلوثاً بالهواء من أول أكسيد الكربون الناتج عن التدخين.

تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

ينتج هذا الغاز من الاحتراق الكامل للوقود، فى وجود كمية وفيرة من الهواء،

كالخشب أو الفحم أو مقطرات البترول. وغاز ثاني أكسيد الكربون غاز خانق إلا أنه غير سام. وكمية ثانى أكسيد الكربون الموجودة فى طبقة التروبوسفير تتوقف على الإتزان الكائن فى دورة الكربون ،التى تشمل انتقاله الدائم والمستمر خلال الهواء والماء فى البحار والمحيطات والمحتويات العضوية الموجودة فى التربة، ونظراً للنشاط المتزايد للإنسان سواء الناتج عن التقدم العلمى والصناعى له أو للزيادة العددية للسكان فإن نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون قد ارتفعت فى الغلاف الجوى للأرض نتيجة احتراق الكميات الهائلة من مختلف أنواع الوقود المستخدمة فى كافة وسائل المواصلات، إضافة إلى الإعتداء السافر للإنسان على الغابات الطبيعية وإزالتها من الوجود كما يحدث فى بعض بلاد أمريكا الجنوبية وفى بعض المناطق فى قارة أفريقيا قد أسهم فى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى. وازدياد نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو يؤدى إلى امتصاص زيادة من الإشاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها وأغلبها يتكون من الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة وبالتالى تؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن المعدل المعتاد.

ويتوقع العلماء أن الزيادة الهائلة والمستمرة لغاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى وما يتبعه من ارتفاع فى درجة حرارة الجو سيؤدى إلى ذوبان الجليد المتراكم فى القطبين الشمالى والجنوبى لكوكب الأرض وفى قمم الجبال العالية. وبالتالى ارتفاع مستوى سطح الماء فى البحار والمحيطات وفى النهاية إغراق الكثير من السواحل المنخفضه التى تقع على حواف القارات، وهذا يؤدى بطبيعة الحال إلى الإخلال الخطير فى التوازن الموجودة بين كافة عناصر الطبيعة الأمر الذى يهدد الإنسانية جمعاء بالعواقب الوخيمة على كوكب الأرض.

دورة ثاني أكسيد الكربون

لقد زادت كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى (مقدرا بوزن الكربون) خلال ١١٠ سنة الماضية من ٧٢ الى ٨٣ ألف مليون طن مترى، أو ١١,٥ ٪ الى ١٣,٥ ٪ من كمية الأشعاع الشمسى الذى يستقبله كوكب الأرض. وتحول فى نفس الفترة حوالى ١٢٧ ألف مليون طن مترى من الكربون الكامن فى الوقود الحفرى والحجر الجيرى الى ثانى أكسيد الكربون والذى انطلق نحو الغلاف الجوى (اسهمت صناعة الاسمنت بحوالى

٢ ٪ من هذه الكمية وجاءت النسبة الباقية ٩٨ ٪ من احتراق الوقود الحفرى) . كما أضافت البراكين حوالى ٤ آلاف مليون طن مترى وهى كمية أقل من ٣ ٪ من كمية الكربون الذى يصنعه الإنسان. ولكن من المحتمل أن تسهم عملية تجوية الصخور فى استبعاد كمية من ثانى أكسيد الكربون مساوية لما تطلقه البراكين. وقد أسهمت عملية ازالة الغابات والاحراج والسفانا والحشائش من أجل التوسع الزراعى بالاضافة الى التعديلات الأخرى التى احدثها الانسان فى الغطاء النباتى والتربة فى اطلاق حوالى ٧٠ ألف مليون طن مترى صافى من الكربون، ممثلا فى ثانى أكسيد الكربون الى الغلاف الجوى.

ومن الثابت علميا أن كمية ثانى أكسيد الكربون التى تنطلق نحو الغلاف الجوى، يبقى بعضها عالقاً فى الجو والباقى تستوعبه الطبقات تحت السطحية من مياه البحار والمحيطات وكذلك نطاق المواد العضوية الأرضية (يتكون ٧٠ ٪ من كمية المواد العضوية فى هذا النطاق، والتى تقدر بحوالى ٢٨٠٠ ألف مليون طن مترى، من المواد العضوية الميتة – ومعظمها يمثله دوبال التربة – وحوالى ٣٠ ٪ تتمثل فى جذور وجذوع وسيقان وفروع وأوراق النباتات الخضراء، بالإضافة آلى الأوراق التى تنفضها الاشجار على سطح الأرض). وتشير التقديرات إلى أن ٤٠ ٪ من كمية ثانى أكسيد الكربون التى تنطلق الى الهواء يستوعبها نطاق المواد العضوية الأرضية، ٢٠ ٪ تستوعبها مياه البحار والمحيطات، ٤٠ ٪ تبقى عالقة فى الهواء.

، تشير التقديرات كذلك إلى أنه اذا ما استمر الوقود الحفرى يمثل المصدر الرئيسى للطاقة فى العالم طوال المائة سنة القادمة، فأن حوالى ٢٤٠٠ ألف مليون طن مترى من الكربون ممثلة فى ثانى أكسيد الكربون ستنطلق الى الهواء حتى عام ٢٠٩٠ . وتقدر هذه الكمية بحوالى ٢٠ مثلا للكمية المنتجة من الوقود الحفرى حتى ثمانينيات القرن العشرين، وبحوالى أربعة أمثال ما كان قائما فى الغلاف الجوى قبل الانقلاب الصناعى. ومن المحتمل أن أكثر من نصف هذه الكمية سيبقى عالقاً فى الهواء. ويبدو هذا الاحتمال متناقضا لأول وهلة على أساس أن المحيطات تحوى كربونات يقدر بحوالى ٦٠ مثلا لما هو موجود فى الهواء، والنطاق العضوى الأرضى يحوى تقريباً أربعة أمثاله على الأكثر. هذا على فرض أن تقسيم كمية ثانى أكسيد الكربون المضافة بين الغلاف الجوى والمحيطات ونطاق المواد العضوية الأرضية يتم بنفس الكميات الموجودة فى الوقت الحاضر. ولكن مما تجدر الاشارة إليه أن كمية ثانى أكسيد الكربون التى يمكن أن

تستوعبها المحيطات ستصبح محدودة بالقياس لما هو مفروض نتيجة لقلة كميات ايونات الكربون فى مياه المحيطات. وبالتالى تضعف قدرة ثانى أكسيد الكربون على الذوبان فى الماء، ويشبه الغلاف الحيوى بدوره المحيطات فى قدرته المحدودة على استيعاب الكربون نتيجة للتوازن بين عملية التمثيل الضوئى وتأكسد المواد العضوية.

وبسبب الطبيعة الطباقية الجيدة للمحيطات، فأن الحركة التبادلية الرأسية بين المياه السطحية والمياه العميقة تصبح بطيئة جداً. ولهذا فإنه على الرغم من أن نسبة اضافة ثانى أكسيد الكربون من الوقود الحفرى ستستمر فى الزيادة بمعدلات كبيرة، ألا أن جزءا محدوداً من جملة حجم المحيطات يمكن أن يمارس دورة كمنطقة مستوعبة لنسبة كبيرة من ثانى أكسيد الكربون المضاف. وقد حسب أن بطء الحركة التبادلية الرأسية لمياه المحيطات بالاضافة الى القلة النسبية لتركز ايونات الكربون فى المياه السطحية - وهى كلها عوامل تقلل من فرص ذوبان الكربون فى الماء - يمكن أن يؤدى إلى ابقاء حوالى ٨٠٪ من كمية ثانى أكسيد الكربون المضاف خلال القرن القادم عالقاً فى الهواء. ولو حدث هذا فأن درجة تركز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى ربما تصبح فى القرن الثانى والعشرين فى حدود سبعة أمثال قيمته قبل الانقلاب الصناعى.

وقد نجح العلماء فى منتصف السبعينيات من القرن العشرين فى وضع نموذج مناخى ثلاثى الأبعاد للدورة العامة للغلاف الجوى، يكشف عن الآثار التى تنجم عن تضاعف ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. وعلى الرغم من التسليم بأن هذا النموذج غير دقيق فى عدد من الجوانب الهامة إلا أنه يعد من أكثر الطرق المبتكرة اكتمالا فى هذا المجال حتى الآن. ويتوقع هذا النموذج فى حالة تضاعف كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى بارتفاع فى متوسط درجة الحرارة فى الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى فى العروض الوسطى ما بين ٢° - ٣° مئوية، وزيادة فى كمية التساقط فى حدود ٧٪. هذا وترتفع درجة الحرارة فى المناطق القطبية بنحو ٣ - ٤ درجات مئوية. ويتوقع ضمنا زيادة درجة حرارة الجو فى حدود ٢ - ٣°مئوية مع كل تضاعف فى كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى.

وعلى الرغم من أنه لم يظهر حتى الآن من المؤشرات ما يشير الى أن التوليد المباشر للحرارة عن طريق انتاج واستهلاك الطاقة فى العقود القليلة القادمة يتسبب فى

ارتفاع متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية بأكثر من ٠.٥° م، الا أن هناك احتمالا لوجود آثار هامة على مستوى المناخات المحلية. واذا أمكن ضبط الزيادة المناظرة فى حجم الجسيمات الدقيقة بصفة خاصة فأن أى زيادة منها فى حمولة الغلاف الجوى سوف لا يترتب عليها الا تأثير طفيف فى المناخ على مستوى العالم.

وبناء على كا ما تقدم تصبح الآثار الناجمة عن التغيرات المناخية بسبب زيادة كمية غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء السبب الرئيسى فى الدعوة لضرورة الحد من انتاج الطاقة من الوقود الحفرى على مدى العقود القليلة القادمة. وتصبح الرغبة للقضاء على التغيرات المناخية الحافز لجهود أكبر فى مجال الصيانة والتحول السريع بصورة أكبر نحو مصادر طاقة بديلة بغض النظر عن المبررات الاقتصادية وحدها. اذ يمكن أن تتفاقم قدرة تأثير ثانى أكسيد الكربون على المناخ فى ظل تواجد كل من غاز الفلورين الكربونى والغازات الصناعية الأخرى. ومن ناحية أخرى يمكن للتذبذب الطبيعى للمناخ من أن يزيد أو يقلل تأثير مثل هذه المؤثرات التى يصنعها الإنسان.

واذا كانت العلاقات المتداخلة بين دورة الكربون والمناخ تكتنفها شكوك كبيرة فأننا يمكن أن نبدد مثل هذه الشكوك من خلال بذل جهد منسق وبترتيبات خاصة. وهنا يجب أن يعطى لاحتمال تغير المناخ نتيجة لإطلاق ثانى أكسيد الكربون عن طريق انتاج الطاقة من الوقود الحفرى اهتمامات كبيرة وعاجلة من جانب المنظمات والوكالات القومية والعالمية المعنية. ويصبح الأمر فى حاجة الى نوعين من العمل: أولاً، تنظيم برنامج أبحاث شاملة على مستوى العالم من ناحية ، وثانياً انشاء مؤسسات جديدة من ناحية أخرى. ويتضمن برنامج الأبحاث الشاملة المقترح على مستوى العالم دراسات عن دورة الكربون والمناخ والتغيرات السكانية المستقبلية واحتياجات العالم من الطاقة والوسائل الكفيلة بتخفيض أثر التغير المناخى على انتاج الغذاء العالمى. وفيما يلى دراسة موجزة عن عناصر هذا البرنامج المقترح كل عنصر على حدة.

ثاني أكسيد الكربون والنظام الجوي - المحيطي - الحيوي:

يعد الفهم الجيد لكيفية تقسيم كمية الكربون بين الغلاف الحوى الأرضى والمحيطات والغلاف الجوى أمراً أساسياً، ويمكن أن نحصل عليه بالوسائل التالية:

أ - نحن فى حاجة من وقت لأخر إلى أجراء قياسات عن نسبة التغيرات فى كلا نظيرى الكربون الدائمين (ك ١٣ ، ك ١٢) فى الغلاف الجوى لتحديد الحركة الصافية للكربون بين الغلاف الجوى والغلاف الحيوى. ويمكن أن نحصل على نسبة هذه التغيرات فى الماضى من خلال دراسة تتابع الحلقات فى جذوع الأشجار التى تقع فى مناطق معزولة وبعيدة بقدر الإمكان عن المصادر البيولوجية أو الصناعية المولدة لثانى أكسيد الكربون. ولما كانت التغيرات فى نسبة ك ١٣ ، ك ١٢ على ضوء قياس معامل الخطأ بطريقة عشوائية تغيرات صغيرة فأن الأمر يحتاج بالتالى إلى قياسات كثيرة فى المواقع الجغرافية على نطاق واسع.

ب- يجب أن تتم تقديرات للأراضى التى يتم تطهيرها سنوياً من غطائها النباتى من أجل الزراعة والأغراض الأخرى. ويمكن الحصول على هذه التقديرات ابتداء من عام ١٩٧٢ وما بعده عن طريق احصاءات الموارد الأرضية التى تسجلها الأقمار الاصطناعية. أما التقديرات عن الفترة السابقة لعام ١٩٧٢ فيمكن الحصول عليها من خلال إجراء دراسة تاريخية احصائية عن تطور نمو المساحات المزروعة فى كل القارات منذ بداية القرن التاسع عشر.

جـ- يجب أن تتم محاولات لتقدير حجم التغيرات فى مساحة الغابات فى انحاء العالم وبصفة خاصة فى المناطق المدارية وشبه المدارية، وتمثل الاخشاب ممثلة فى الاشجار الحية العنصر الرئيسى لهذه الكتلة النباتية، ونستطيع من خلال قياس تباين كثافة الحلقات المتتابعة للشجرة أن نتعرف على التغيرات فى معدل صافى الانتاج الأولى للاشجار، على الأقل بالنسبة للعروض المعتدلة. وتصبح دراسة تتابع الحلقات للكثير من الأشجار (لعدة ألاف) أمراً ضرورياً كعينة مناسبة. كما يجب أن تبذل الجهود أيضاً فى أوقات مختلفة لتقدير كمية الأوراق والأعضاء الأخرى للاشجار تلك التى تشارك فى عملية التمثيل الضوئى، كذلك معدل سقوط الأوراق والأغصان الميتة من الأشجار.

د - ينبغى عمل تقديرات متطورة عن نسبة دوبال التربة والذى ينطلق منه بدورة ثانى أكسيد الكربون الى الغلاف الجوى. ولهذا يجب أن تحدد التغيرات فى كمية الدوبال فى الأراضى الزراعية والمساحات الأخرى التى تم تطهيرها. كما أننا نحتاج الى

التعرف على التوزيع الحالى لدوبال التربة على مستوى العالم ليستخدم كأساس للمقارنة مع القياسات المستقبلية.

هـ- ينبغى أن نحصل على متوسطات القيم الشهرية المقارنة للضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى من خلال القياسات المستمرة فى عدد من المحطات التى يتم اختيار مواقعها بعناية على مدى دوائر العرض المختلفة فى كلا نصفى الأرض. ولعل من أحد الأهداف الرئيسية لمثل هذه القياسات فى شبكة المحطات المذكورة، هو دراسة التغيرات التى تحدث فى كمية ما يحمله الهواء من غاز ثانى أكسيد الكربون من سنة لأخرى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى وتطهير الأرض من غطائها النباتى.

وقد تبين أن هذه التغيرات ترجع إلى تذبذب انطلاق ثانى أكسيد الكربون من طبقة المياه السطحية من المحيطات، وسوف تعطينا مثل هذه التغيرات رؤية أوضح عن ذى قبل عن دور العمليات المحيطية فى تقسيم ثانى أكسيد الكربون بين المحيطات والغلاف الجوى.

و - يمكن أن نحصل على رؤية أكثر بعدا عن دور هذه العمليات بقياسات متتالية فى أوقات معينة لكمية ثانى أكسيد الكربون والضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون للمياه السطحية وتحت السطحية فى شبكة محطات لمراقبة هذه العمليات على مستوى العالم. وبطبيعة الحال تختلف هذه القياسات اختلافا كبيراً نتيجة لاختلاف العمليات البيولوجية المحلية والعمليات المحيطية الأخرى. ومن ثم يصبح من المتعذر الاستفادة من هذه القياسات فى تفهم مشكلة ثانى أكسيد الكربون العالمية. ويصبح من المرغوب فيه القيام بمزيد من التحليل لهذا النمط من القياسات.

ز - كما نحتاج الى تقديرات متطورة عن كمية ثانى أكسيد الكربون المنطلقة نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى. ولهذا يجب أن تستكمل الاحصاءات العالمية الخاصة بكمية استهلاك الوقود الحفرى بتقدير كمية الكربون فى الوقود المستهلك كل سنة. ولما كانت تقديرات استهلاك الوقود يعبر عنها بكمية الطاقة وليس بكمية الكربون، فأن كمية ثانى أكسيد الكربون المنطلقة وغير المؤكدة فى الوقت الحاضر تتراوح بين ١٠ ٪ الى ١٥ ٪ من كمية الطاقة المستخدمة.

ح- يجب أن تتم سلسلة من القياسات عن انتشار غاز التريتيوم الناجم عن تجارب الاسلحة النووية التى تتم على فترات فى المياه تحت السطحية للمحيطات مرة كل خمس سنوات. ويبدو أن مثل هذه القياسات لتوزيع غاز التريتيوم فى المحيطات والتى تتم فى أوقات متباينة، تعد من أكثر الوسائل التجريبية كفاءة لدراسة عمليات المزج (الخلط الأفقى والرأسى والدوامى) فى الألف متر العلوية تقريباً من مياه البحار والمحيطات. وتعد مثل هذه العمليات على درجة كبيرة من الأهمية فى تقدير تقسيم كمية ثانى أكسيد الكربون المنبعث من الوقود الحفرى بين المحيطات والغلاف الجوى.

ط- يمكن أن نحصل بصفة أساسية، من حيث المبدأ على فحص مستقل عن عمليات تقليب مياه المحيطات لو أن أثر التناقص فى محتويات الكربون الاشعاعى من الغلاف الجوى من بداية القرن التاسع عشر حتى عام ١٩٥٠ نتيجة حقن الغلاف الجوى بالكربون ١٤ من ثانى أكسيد الكربون المنطلق من الوقود الحفرى الى الغلاف الجوى كان معروفا بدقة أكثر. اذ تبلغ درجة الشك فى أثر هذا التناقص فى حدود + ١٥ ٪. ولهذا فنحن فى حاجة الى قياسات أكثر وأكثر للكربون ١٤ فى حلقات مجموعة من الأشجار تختار مواقعها بعناية لتغطى الفترة من عام ١٨٠٠ حتى عام ١٩٥٠.

ى- كما يجب أن تعطى للملاحظات التالية مزيداً من الاهتمام فى الدراسات المستقبلية ولكن بدرجة أقل من التوصيات السابقة الخاصة بثانى أكسيد الكربون. وهذه الملاحظات هى: الاهتمام بجمع العلاقات الخاصة بمعدلات التبادل بين المياه المتغلغلة داخل الصخور الجيرية ومياه الاعماق التى ترتكز فوق هذه الصخور لأنها ستمدنا بتقديرات أفضل عن المعدلات المحتملة لذوبان كربونات الكالسيوم وما يصاحبه من زيادة مماثلة فى قدرة المحيطات على استيعاب ثانى أكسيد الكربون؛ كما أننا فى حاجة الى بيانات أكثر عن توزيع الارجوانيت (أكثر نوعى كربونات الكالسيوم البلورية ذوبانا) فى الصخور الرسوبية الجيرية الضحلة والعميقة للوصول الى تقديرات أفضل عن امكانية ذوبان كربونات الكالسيوم؛ ويمكن أن نقرر بصورة مباشرة عن طريق قياس التغيرات فى قلوية مياه المحيطات ما اذا كان ذوبان

كربونات الكالسيوم قد حدث فعلا، واذا حدث فعلبا فالى أى حد. ومما تجدر الإشارة إليه أن هناك طرقا جديدة بالغة الدقة لقياس القلوية فى حدود جزء واحد فى العشرة ألاف، وهى مماثلة لنسبة تغير ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فـى حـدود ٠.٠٠١ ٪ وأخيراً، يمكن أن نقلل من كمية ثانى أكسيد الكربون داخل نظام الغلاف الجوى والمياه المحيطية لو تزايدت سرعة معدل تساقط المواد العضوية الدقيقة من الطبقة تحت السطحية الى مياه المحيط العميقة. وهذا أمر يمكن لو زاد انتاج التمثيل الضوئى للمواد العضوية فى مياه المحيط القريبة من السطح. ولما كانت درجة التمثيل الضوئى فى هذه المياه تتحكم فيها كميات مركبات الفسفور والنيتروجين المذابة، فأنه ربما يصبح فى الامكان مستقبلا أن نقوم بنشر كمية كبيرة من مركبات الفسفور والنيتروجين الاصطناعية فوق مساحات واسعة من المحيطات بتكلفة أقل نسبياً اذا ما قورنت بالتكلفة الكلية لثانى أكسيد الكربون الناتج من مصادر الوقودْ الحفرى. ويمكن أن نتعرف على تأثير هذه الطريقة بالقياسات المقارنة لمعدل سقوط المواد العضوية فى كلا المناطق المحيطية ذات القدرة الانتاجية العالية وغير المنتجة. وبصفة أساسية سيؤدى تسميد مياه المحيطات بعشرة ملايين طن من الفسفور الى انتاج كمية من مركبات الكربون العضوى التى تهوى نحو الاعماق فى حدود ٣٠٠ مليون طن مترى.

تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت

يتميز هذا الغاز برائحته النفاذة وخواصه التآكلية حيث ينتج من مصادر طبيعية مثل البراكين وينابيع المياه الكبريتية وتحلل المواد العضوية الكبريتية. وينتج كذلك بفعل احتراقْ الوقود الحفرى مثل الفحم والبترول حيث يتأكسد ما به من كبريت إلى ثانى أكسيد الكبريت إضافة إلى غاز ثانى أكسيد الكربون، كذلك يتكون هذا الغاز فى مصانع تكرير البترول واستخلاص بعض المعادن مثل النحاس وفى صناعة إنتاج لب الخشب وإنتاج الطوب.

ويؤدى التعرض لاستنشاق هواء ملوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت إلى الإصابة بالكثير من الأمراض التنفسية والتى لها تأثير ضار على الصحة العامة. ويتحد ثانى أكسيد الكبريت بأوكسجين الهواء منتجاً غاز ثالث أكسيد الكبريت والذى عند ذوبانه فى بخار

الماء الموجود فى الهواء يعطى حامضاً قوياً هو حامض الكبريتيك والذى ينتشر بدوره فى الهواء ويبقى معلقاً به على هيئة رذاذ والذى يتساقط بعد ذلك على سطح الأرض مع الأمطار ومع الجليد مما يؤدى إلى تلوث التربة الزراعية ومياه الأنهار والبحيرات العذبة. وبالتالى الأضرار بحياة كافة الكائنات الحية من إنسان وحيوان ونبات.

ويؤدى التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت إلى حدوث ظاهرة الأمطار الحامضية (Acid Rain) والتى تحدث بكثرة فى أجواء المناطق الصناعية وخاصة فى الدول الأوروبية وفى أمريكا الشمالية، سيأتى ذكرها فيما بعد بالتفصيل. وقد أدت هذه الامطار الحامضية إلى إلحاق الضرر بالغابات فى السويد والتى تعد من أهم المصادر الطبيعية لإنتاج لب الخشب والذى يستخدم فى صناعة الورق.

وقد لوحظ أن زيادة التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت يؤدى إلى إلحاق الضرر بالكثير من المبانى والمنشآت، كما يسبب تآكل التماثيل المصنوعة من المعادن والتى تقام بالميادين فى الكثير من المدن. وللحفاظ على صحة الإنسان وكافة الكائنات من حيوان ونبات من الآثار السيئة لهذا الغاز فقد وضعت الكثير من الدول القوانين والتشريعات الخاصة بتحديد نسبة الكبريت المصرح بها فى مختلف أنواع الوقود مثل الفحم والجازولين والسولار والديزل والمازوت وغيرها.

تلوث الهواء بأكاسيد النتروجين

تتكون أكاسيد النتروجين باتحاد غاز الأوكسجين مع النتروجين. وهى تشمل أكسيد النتريك، وهو غاز شفاف عديم اللون. وثانى أكسيد النتروجين وهو غاز له رائحة نفاذة وذو أثر سام، وهذه الأكاسيد تحدث تلوثاً للهواء عندما تتكون نتيجة احتراق الوقود مثل الفحم أو الجازولين والسولار أو الديزل والمازوت والمحتوية على نسبة صغيرة من المركبات العضوية النتروجينية بالإضافة إلى تكوينها خلال بعض العمليات الكيماوية داخل المصانع.

وتتكون أكاسيد النتروجين أيضاً فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية. وتمتزج هذه الأكاسيد ببخار الماء الموجود فى الجو معطية حامض النتريك وتساهم أكاسيد النتروجين مع غاز ثانى أكسيد الكبريت فى تكوين الأمطار الحامضية. كما تنتشر هذه الأكاسيد فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى حيث تصل إلى طبقة الأوزون والتى تحمى سطح كوكب الأرض من التأثيرات الضارة للأشعة فوق

البنفسجية الصادرة من الشمس، حيث تحدث بعض التفاعلات الكيميائية الضوئية فى طبقة الأوزون مما يسبب الكثير من الأضرار لكافة الكائنات الحية وخاصة الإنسان وإصابته بأخطر الأمراض.

تلوث الهواء بمركبات الرصاص

فى القرن العشرين المنصرم وما تبعه من تقدم علمى وتكنولوجى ونظراً للزيادة الهائلة فى أعداد السكان وخاصة فى المدن المزدحمة والتى تزخر بكافة وسائل النقل والمواصلات وما تحدثه من تلوث هائل بالهواء نتيجة احتراق الوقود فى محركات السيارات، تنطلق كميات هائلة من الغازات الضارة مثل أول وثانى أوكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنتروجين بالإضافة إلى بخار المواد الهيدروكربونية والتى لم تتأكسد داخل محركات السيارات. وعندما تتعرض هذه الغازات التى تنطلق بصورة مستمرة ليلاً ونهاراً داخل المدن للأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس يحدث تفاعل كيميائى ضوئى ينتج عنه تكونى ما يعرف بالضباب المختلط بالدخان القاتم اللون أو ما يعرف باسم «الضبخان» Somg والذى يبقى معلقاً فى الجو لفترات طويلة فوق هذه المدن والتى تعانى كثرة السكان. ويسبب هذا الضباب الكثير من الأضرار الصحية لسكان هذه المدن. ويشاهد هذا الضباب المدخن فى الكثير من المدن الكبرى والمزدحمة بالسكان وبكافة وسائل النقل والمواصلات مثل مدينة نيويورك ولوس أنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية وكذلك مدن القاهرة ولندن وطوكيو والمكسيك.

ولا يقتصر التلوث الناتج من عوادم السيارات على احتوائه لكل الغازات الضارة السابق ذكرها فقط بل هناك ملوثاً آخر له آثار ضارة خطيرة على صحة الإنسان وهو الرصاص. ومن المعروف أن شركات تكرير البترول تضيف إلى الجازولين المستخدم وقوداً للسيارات مادة رابع إيثيل الرصاص وذلك لتحسين خواص الجازولين وبالتالى تحسين ظروف الاحتراق والأداء داخل محركات السيارات وإطالة عمرها. ولا تخفى الأضرار الصحية الناشئةعن استنشاق الهواء الملوث بعادم السيارات والمحتوى على مركبات الرصاص والتى منها إصابة الإنسان بالضعف العام والأنيميا والأضرار بالجهاز العصبى والإصابة بأمراض الكلى المزمنة بالإضافة إلى إصابة الأطفال الصغار بالتخلف العقلى حيث أنهم أكثر قابلية للإصابة بالأمراض التى تنشأ نتيجة التعرض لفترات طويلة للتلوث بمركبات الرصاص.

ونظراً لهذه المخاطر الشديدة لمركبات الرصاص فقد قامت الكثير من الدول بوضع القوانين والتشريعات اللازمة للحيلولة دون استعمال هذا النوع من الجازولين المحتوى على رابع إيثيل الرصاص حيث أضافت مواد أخرى ليست لها آثار سامة إلى الجازولين أو إضافة بعض المواد الهيدروكربونية ذات السلسلة المتفرعة حيث تساعد على تحسين الأداء داخل محركات السيارات وفي النهاية منع تلوث الهواء بمركبات الرصاص.

التلوث الناتج من البراكين والرياح

تعد البراكين من أهم العوامل الطبيعية لإحداث التلوث البيئي حيث تدفع إلى الهواء الكثير من الغازات الضارة بكافة الكائنات مثل أول وثاني أكسيد الكربون والهيدروجين وبخار الماء والميثان وثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وكلوريد الهيدروجين وبروميد الهيدروجين حيث تحملها الرياح وتنتشر في كل مكان بالإضافة إلى كميات ضخمة من الرماد والذي يحتوى على الكثير من كلوريدات وكبريتات ونترات بعض المعادن مثل الزئبق والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والألومنيوم.

ويصاحب ثورات البراكين انطلاق كميات هائلة من الحرارة وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الجو في المناطق القريبة من البراكين. والبراكين قد تحدث على سطح الأرض حيث تحدث تلوثاً في الهواء في المناطق المحيطة بالبركان، وأحياناً تحدث البراكين في قاع البحار حيث تحدث تلوثاً لمياه هذه البحار نتيجة لذوبان الكثير من الغازات المنطلقة منها في مياه البحار حيث تسبب الكثير من الأضرار لكافة الكائنات الحية التي تعيش في هذه البحار.

أما الرياح فهي تلعب دوراً هاماً في التلوث البيئي حيث تحمل كميات هائلة من الرمال الدقيقة والأتربة إلى مسافات بعيدة جداً لكي تسقط على المدن مودية إلى الكثير من المشاكل الصحية للإنسان. ومن الأضرار الناتجة كذلك من هبوب الرياح ما يعرف بظاهرة التصحر، التي تكلمنا عنها فيما سبق، حيث تزحف الرمال تدريجياً لكي تغطي سطح التربة الصالحة للزراعة وتحولها من أرض خصبة إلى صحراء قاحلة.

مشكلة الأوزون

الأوزون شكل نشط من أشكال الأوكسجين ولكنه أثقل من الأوكسجين العادي بمرة ونصف، ويحتوى الجزء الواحد منه على ثلاث ذرات أوكسجين وهو غاز سام قابل للإنفجار، وهو عامل مؤكسد قوى، ولونه أزرق باهت، ويتكون نتيجة للعواصف الرعدية

ويتكون حول المعدات والمحولات الكهربائية، وله استعمالات صناعية عديدة نذكر منها تبييض المركبات العضوية، إبادة الجراثيم، إزالة الرائحة الكريهة، ويستخدم فى تعقيم مياه الشرب.

وللأوزون توزيعات أفقية حسب دوائر العرض حيث تكون أقل قيمة له عند خط الاستواء وتزداد قيمته فى اتجاه القطبين. وللأوزون توزيعات رأسية حيث يوجد حوالى٩١ ٪ منه فى طبقة الاستراتوسفير على ارتفاع يتراوح ما بين ١٢ : ٤٠ كيلومتراً، حوالى ٩ ٪ فى طبقة التربوسفير على ارتفاع ٨ إلى ١٧ كيلومتراً.

ويوجد الأوزون فى الأماكن ذات التلوث الجوى حيث عمليات الاحتراق فى محطات الطاقة والسيارات والمصانع وزيادة عدد البشر ونشاطهم اليومى. وينتج الأوزون فى طبقة التروبوسفير من زيادة تركيز ثانى أكسيد النتروجين ودخول هذا الغاز فى عدة تفاعلات مع بعض المواد العضوية فى وجود الأوكسجين والضوء وينتج غاز الأوزون. ويعمل الأوزون فى طبقة التربوسفير كملوث يسبب التسمم للإنسان عندما يتنفسه. وتركيز الأوزون فى الجو العادى يصل إلى ٠.٠٢ جزء فى المليون. ويتنبأ العلماء بأن يتضاعف مقدار الأوزون فى الطبقة السفلى والذى بلغ مقداره ٤٠ : ٦٠ جزء فى البليون أى ثلث أو نصف المقدار الأعظم المقبول المحدد بمقدار ١٢٠ جزء فى البليون.

والأوزون خارج المنازل أقل بحوالى ٧ ٪ عن داخل المنازل، ولذلك يجب تهوية المنازل جيداً. ويتلف الأوزون الصبغات المستخدمة فى تلوين المنسوجات. ويؤثر الأوزون على النباتات الخضراء، ويسبب ظهور البقع فى الأوراق، ودلت الدراسات العديدة على أن الأوزون يقضى على المحاصيل الزراعية بنسبة ٣٠ ٪، ومعنى هذا أن الخسارة التى تسببها زيادة الأوزون فى الطبقات السفلى للغلاف الجوى للمزارعين الأمريكيين تقدر بحوالى ٢,٥ : ٣ آلاف مليون دولار سنوياً. ويصل إلى سطح البحر كمية من الأوزون لتسهم مع عدد من الغازات وبخار الماء فى تكوين الضباب الأسود. ويسهم الأوزون مع الغازات الأخرى فى حجز الإشعاعات المنعكسة من الأرض ويؤدى ذلك إلى تسخين الأرض والجو المحيط بها.

أهمية طبقة الأوزون

يوجد الأوزون على شكل طبقة تغلف كوكب الأرض، وإذا ضغطت طبقة

الأوزون عند ضغط وحرارة الأرض فإن سمكها يبلغ حوالى ٣ ملليمتراً تقريباً، وتعد هذه الطبقة الدرع الواقى من الأشعة فوق البنفسجية، وأى تلف لهذه الطبقة يعرض لمخاطر كثيرة. ويعرض نقص طبقة الأوزون الإنسان لضعف المناعة للأمراض، ويعلل العلماء ذلك بأن الأشعة فوق البنفسجية تتلف إلى حد كبير قدرة الخلايا على محاربة البكتريا المرضية. والأوزون هو مصدر تسخين طبقة الاستراتوسفير بفضل امتصاصه للأشعة فوق البنفسجية، أما نتيجة تآكل طبقة الأوزون قد يحدث أن الطبقة السفلى تسخن بمعدل أكبر من الفترة التى قبل تآكل تلك الطبقة نتيجة زيادة تسرب الأشعة فوق البنفسجية أى يحدث انقلاب حرارى نتيجة تآكل طبقة الأوزون مما يؤدى إلى تبديل مناطق الضغط فى أعالى الجو بما يؤدى بالتالى إلى إعادة توزيع الأمطار فوق سطح الأرض.

ويؤدى تآكل طبقة الأوزون إلى تعريض النباتات إلى مزيد من الأشعة فوق بالبنفسجية التى تؤدى إلى تعجيز أطوال النباتات وانخفاض الإنتاج الزراعى نتيجة تأثيرها على مكونات الخلية مثل الأحماض الوراثية والمكونات الأخرى وقد تؤدى إلى تغيير تركيبها، ويوجد ما يقارب من ٢٠٠ نوع من المحاصيل لها حساسية عالية للأشعة فوق البنفسجية مثل البازلاء والفول والبطيخ، وتوجد محاصيل أقل حساسية لها مثل الطماطم والبطاطا وقصب السكر. كما يؤدى تآكل طبقة الأوزون إلى زيادة كمية الأشعة فوق البنفسجية التى تؤدى إلى الفتك بالبلانكتونات التى تمثل الغذاء الأساسى للأسماك والأحياء المائية وبذلك تنخفض الثروة السمكية، والتأثير الضار لهما قد يتجاوز عشرين متراً من عمق المياه.

ثقب الأوزون

أوضحت القياسات التى تمت بواسطة الأقمار الاصطناعية أن كمية الأوزون قد نقصت بنسبة ٥ ٪ فى عام ١٩٧٨ عما كانت عليه فى عام ١٩٧١، وبلغت نسبة النقص ٢,٥ ٪ فى الفترة الواقعة ما بين ١٩٧٩ – ١٩٨٥ فى المنطقة الواقعة بين دائرتى عرض ٥٣ شمالاً وجنوباً. ونتيجة لاستهلاك الأوزون تم اكتشاف ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبى عام ١٩٨٥ حيث وصل النقص إلى ٥٠ ٪ من طبقة الأوزون فى شهور الربيع، كما يظهر الثقب فى شهرى أغسطس وسبتمبر من كل عام فوق القارة القطبية الجنوبية ثم يأخذ فى الاتساع فى شهور الخريف ثم ينكمش ويختفى فى شهر نوفمبر. ويحدث الثقب الأوزونى داخل الدوامة القطبية وهى كتلة كبيرة من الهواء المعزل نسبياً – فوق القارة

القطبية الجنوبية خلال شهور الشتاء والربيع. ومن الواضح أن الثقب يظهر موسمياً إلا أنه يزداد سوءاً فى كل مرة يظهر فيها عن سابقتها. ونتيجة اتساعه فوق القطب الجنوبى فإنه ينذر بأخطار شديدة وعواقب وخيمة. وبعد ٤ سنوات من اكتشاف ثقب الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبى لاحظ الباحثون انخفاضاً كبيراً فى كثافة الأوزون فوق القطب الشمالى فى فترة الربيع الشمالى. وعلى الرغم من أن النضوب الأوزونى فوق القطب الشمالى وصل إلى ٢ – ٨٪ بينما وصل النضوب فوق القطب الجنوبى إلى ٥٠٪ إلا أنه فى المنطقة الأولى يعد أشد خطراً نظراً لكثرة أعداد السكان وإزدهار الحياة بالقرب من القطب الشمالى . وقد قدر العلماء فى عام ١٩٩٢ أن طبقة الأوزون قد ازدادت تدمراً فوق القطب الشمالى بنسبة ١٠ – ١٥٪ وفوق القطب الجنوبى بنسبة أكثر من ٥٠٪ وأصبحت مساحة الثقب فوق القطب الجنوبى يعادل ٤ مرات قدر مساحة أمريكا الشمالية. وأخطر من ذلك أن العلماء كانوا قد أوضحوا عام ١٩٨٧ أن كمية الأوزون آخذة فى التلف وأن هذا التلف شامل لطبقة الأوزون التى تلف كوكب الأرض، ولا يقتصر على القطبين، وتآكل طبقة الأوزون أخطر من ثقب الأوزون فوق القطبين، والنقص يتراوح بين ٣٪ فوق الدول الصناعية الكبرى مثل أمريكا وأوروبا والاتحاد السوفيتى السابق. ويصل النقص فى الشتاء إلى ٤,٧٪، وقد أكد العلماء أن هناك تلف كبير فى المنطقة الاسكندنافية (الدنمارك والنرويج وفنلندا) وفى بعض مناطق أوروبا خاصة أعلى جبال الألب.

أسباب تلف طبقة الأوزون

١ - الغازات المخربة: الكلور وفلور وكربونات

هي تلك المواد العضوية التى يدخل فى تركيبها الكلور والفلور والكربون. ويبلغ حجم الصناعات من هذه الغازات من ١٣ – ٢٠ مليار دولار سنوياً، وتصل كمية الإنتاج العالمى من هذه الغازات سنوياً حوالى ١٤٠٠ مليون طن منها ٩٧٠ ألف طن من النوع المدمر للأوزون. وتأتى أمريكا على رأس الدول التى تستهلك الكلور وفلور وكربون حيث تنتج ٣٥٠ مليون طن سنوياً ثم يأتى الاتحاد السوفيتى (سابقاً) ١٨٠ مليون طن، ثم اليابان ١٠٠ مليون طن ثم إيطاليا ٧١ مليون طن وانجلترا وفرنسا ٦٩ مليون طن ثم أسبانيا وكندا ٤٨ مليون طن والصين ٣٢ مليون طن. وتدل الإحصائيات على أن كميات الكلور وفلور وكربونات المتراكمة فى الجو قد تضاعفت ثلاث مرات أضعاف الكمية المتراكمة من

١٩٧٠ – ١٩٨٠ . وبجانب تلك الغازات يوجد مركبات الهليوم التى تسبب استنفاد الأوزون.

ويشكل استعمال هذه المركبات ميزة أمنية هائلة نتيجة عدم إشعالها، وإحدى المزايا الأساسية لها هى ثباتها الهائل فذراتها تصل بدون تغيير إلى الطبقات العليا من الجو فى خلال ١٠ – ١٥ سنة. ويناقض تصاعد غازات الكلور وفلور وكربونات من سطح الأرض إلى طبقات الاستراتوسفير، وهى الطبقة التى يوجد فيها ٩٠٪ من الأوزون، ما هو معروف أن فى نهاية طبقة التروبوسفير تنخفض درجة الحرارة وتصل إلى أقل قيمة لها، وهذا يعمل على احتباس الغازات الخفيفة بحيث لا تصعد إلى طبقات الجو العليا. ويعتقد أن مركبات الكلوروفلوركربونات ترتفع إلى طبقة الاستراتوسفير عند دوائر العرض الاستوائية حيث تبلعها الدوامة القطبية – وحيث أن غاز الكلوروفلوركربون يحتاج إلى ١٥ سنة لكى يصل إلى طبقة الاستراتوسفير، ويعنى هذا أن الأضرار التى سجلت فى طبقة الأوزون حتى اليوم تجمعت عن تلك الغازات التى أطلقت فى بداية ١٩٧٧ وهى لا تمثل سوى ٣٠ – ٣٥٪ من الكمية التى انتجت حتى الآن، وقد تصل عمر بعضها حتى ٥٢٠ سنة كما فى الغازات المشعة والتى تستخدم فى ثلاجات المتاجر الكبيرة. أما الآن فإن جو الأرض يحتوى على كمية من الكلوروفلوروكربونات تساوى ٥ مرات أكثر مما كانت عليه فى عام ١٩٧٥ . ومع الأخذ فى الحسبان الفترة الزمنية التى تتطلبها تصاعد الغاز إلى طبقة الاستراتوسفير، ومع توقف ضخ الغازات اليوم فقد يلزم ذلك سنين طويلة حتى تعود طبقة الأوزون إلى حالتها الطبيعية.

ومن الثابت أن ثقب الأوزون يحدث نتيجة التفاعل بين الأوزون والكلورفلوروكربونات، ويحدث هذا التفاعل فى فصل الربيع، ويمكن لجزىء واحد منها أن يدمر ١٠٠ ألف جزىء من الأوزون وما يتآكل من طبقة الأوزون فى عام يعاد تكوينه بعد ١٠٠ عام، فحين تلف القارة القطبية الجنوبية رياح فاصلة تحول دون اختلاط هواء تلك القارة بهواء القارات الأخرى فتهبط درجة الحرارة إلى ٥٠ درجة مئوية تحت الصفر، وهذه البرودة الفائقة تهيئ الفرصة للتفاعل وعند ارتفاع الشمس خلال الربيع فإن هذا التفاعل يزداد والذى لا يلبث أن يتوقف حين تبدأ الحرارة بالارتفاع وتبدأ الرياح الفاصلة فى الاختفاء. ومن هنا يتضح أن التفاعل يتركز فى القطب الجنوبى أو الشمالى ويتوقف على وجود الرياح الفاصلة مع وجود تركيزات عالية من الكلوروفلوروكربونات

فى هذه الدومات العازلة، فوق قطبى الأرض. وظاهرة تدمير الأوزون أكبر فى القطب الجنوبى عن القطب الشمالى وهذا يعود إلى كون الغيوم فى القطب الجنوبى أكبر حجماً ونقل معدلات الحرارة ما بين ١٥ - ٢٠م عن تلك التى تسود فى القطب الشمالى. وعند تناقص كميات الأوزون فى الدوامة القطبية خلال الربيع فإن مقادير الكلور البسيطة مثل كلوريد الأيدروجين ونترات الكلور ترتفع ارتفاعاً حاداً.

ونظراً للتقدم العلمى والتكنولوجى المتسارع فى الآونة الأخيرة وما تبعها من استخدام الإنسان للكثير من الأجهزة الحديثة خلال حياته اليومية مثل الثلاجات والمكيفات كما كثر استخدام الأيروسول والتى تحتوى على بعض المبيدات الحشرية وبعض المواد العطرة والتى تحتوى جميعها على مركبات الكلوروفلوروكربون. وهذه المركبات عبارة عن مركبات هيدروكربونية تحتوى على ذرات من الفلور والكلور كما يوجد منها أنواع كثيرة تختلف فى تركيبها الكيميائى وفقاً لعدد ذرات الكربون أو الفلور أو الكلور، ومن خواصها أنها مركبات غازية فى درجات الحرارة العادية، كما أنها على قدر كبير من الثبات الكيميائى، لذلك فهى تبقى فى الهواء مدة طويلة، وتحملها تيارات الهواء الصاعدة إلى طبقات الجو العليا حتى تصل إلى طبقة الأوزون وبتأثير الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس تتحلل هذه المركبات منتجة بعض ذرات الكلور النشيطة والتى تتفاعل مع الأوزون حيث تحوله إلى غاز الأوكسجين. وهكذا تتسبب مركبات الكلوروفلوروكربون فى تدمير طبقة الأوزون.

ونظراً للأخطار الناتجة من استعمال مركبات الكلوروفلوروكربون وما ينتج عنها من تلوث بيئى أن قامت معظم دول العالم بعقد المؤتمرات والندوات بهدف التقليل من إنتاج هذه المركبات والحد من استخدامها كما نشطت البحوث العلمية لإيجاد بدائل لمركبات الكلوروفلوروكربون بمواد أخرى لايحتوى تركيبها على عناصر الفلور أو الكلور والتى تسبب تحلل جزئيات الأوزون. ولا يقتصر تفكك طبقة الأوزون على التلوث بمركبات الكلوروفلوروكربون بل يشاركها هذا التفكك أكاسيد النتروجين والتى تتكون نتيجة احتراق الوقود المحتوى على كميات ضئيلة من المركبات النتروجينية وكذلك تصاعد هذه الأكاسيد من بعض المصانع، إضافة إلى تكوين هذه الأكاسيد فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية بين غازى الأوكسجين والنتروجين ونتيجة لتكون هذه الأكاسيد واتصالها بطبقة الأوزون يحدث تفاعل كيميائى بينها وبين جزئيات الأوزون والتى تتفكك إلى أكسوجين.

وعموماً فهناك الكثير من الهيئات العالمية والتى تعمل جاهدة لإيجاد الحلول المناسبة لهذه المشكلة العالمية وترأسها هيئة الأمم المتحدة حيث تعقد الكثير من المؤتمرات والندوات لمناقشة أسباب هذه الظاهرة ووضع الحلول الكفيلة للإقلال من أضرارها. ففى شهر سبتمبر عام ١٩٨٧م عقد مؤتمر علمى فى مدينة مونتريال بمقاطعة كويبك بكندا وذلك لتنظيم استعمال مواد الكلوروفلوروكربون والتى تؤثر فى طبقة الأوزون. كذلك وضع التشريعات اللازمة للحد من استعمال هذه المواد مع إيجاد المواد البديلة عنها كذلك عقد فى شهر أغسطس عام ١٩٨٩م مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة فى مدينة نيروبى بكينيا لبحث الأضرار الفادحة التى نشأت عن تدمير طبقة الأوزون، إضافة إلى ذلك فإنه يوجد عدة محلولات كثيرة أجريت لقياس نسبة الأوزون فى عدة أماكن من العالم وخاصة فى منطقتى القطب الشمالى والقطب الجنوبى.

كذلك فإننا نشير هنا إلى مؤتمرى قمة الأرض والذى عقد المؤتمر الأول منها فى مدينة ريودى جانيرو بالبرازيل فى شهر يونية عام ١٩٩٢ لبحث جميع الأضرار الفادحة والمشاكل الناتجة عن انتشار التلوث البيئى بمختلف أنواعه والذى عم سطح كوكب الأرض والذى أضر بكافة المخلوقات من إنسان وحيوان ونبات، الأمر الذى أصبح يهدد الحياة ذاتها والحد من استمراريتها. وعقد المؤتمر الثانى فى شهر أغسطس عام ٢٠٠٢ فى مدينة جوهانسبرج فى جنوب أفريقيا تحت شعار تنمية مستديمة أكثر نشاطاً بهدف زيادة الإنتاجية الزراعية دون إحداث أضرار بيئية.

(٢) أكاسيد النتروجين

منها أول أكسيد النتروجين الذى يتحول إلى حامض النتريك، ومنها ثانى أكسيد النتروجين السام، كما ذكرنا، وهو يلوث الجو مما يجعل الرؤية صعبة بحسب تركيزه، ويتوقع الباحثون زيادة أكاسيد النتروجين من ١١ - ٣٠ مليون طن فى الجو، والحدود المسموح بها لتركيز أكاسيد النتروجين من ٣ - ١٠ جزء فى المليون، وقد بلغ تركيز تلك الأكاسيد فى هواء القاهرة مثلاً ١٠ أمثال المسموح به فى هواء الولايات المتحدة، ونتيجة زيادة تركيزها فى الطبقات السفلى من الهواء يحدث اختزال ضوئى لثانى أكسيد النتروجين بواسطة الأشعة فوق البنفسجية إلى أكسيد النتروجين وأوكسجين ذرى.

وتتصاعد أكاسيد النتروجين التى تتلف الأوزون ويحدث الاختزال تحت الظروف اللاهوائية فى الأراض الغدقة، وقد تحدث فى التربة الجيدة التهوية فى المسام الضيقة

عند وجود نسبة عالية من المادة العضوية التى تستهلك الأوكسجين فى أكسدتها، وانطلاق أكاسيد النتروجين من هذا المصدر تفوق المصادر الأخرى خصوصاً بعد الزيادة الرهيبة فى استخدام الأسمدة النتروجينية، وتصل كميات تلك الأكاسيد المنطلقة من هذا المصدر إلى خمسة عشر أمثال الكميات الناتجة من محطات الطاقة والسيارات، وتلعب ميكروبات التربة دوراً كبيراً ورئيسياً فى انطلاقها، وبذلك تلعب هذه الميكروبات دوراً حرجاً فى دورة الأوزون فى طبقات الجو وتدمير تلك الغازات غاز الأوزون.

٢- التجارب النووية والانفجارات البركانية

تتلف التجارب النووية الأوزون بنسبة كبيرة تصل إلى ٢٠ - ٧٠٪، وخاصة التفجيرات الهوائية. وقد أكد العلماء أن الإنفجارات البركانية مسئولة بدرجة ما عن تآكل طبقة الأوزون حيث تقذف حوالى ١١ طن من كلوريد الأيدروجين و ٦ مليون طن من كبريتد الهيروجين للغلاف الجوى سنوياً مما يؤدى إلى تفاعل الكلور وحمض الكبريتيك مع الأوزون وذلك يفسر أسباب الانحسار الحاد الذى حدث لغاز الأوزون بطبقة الاستراتوسفير عقب اندلاع بركان الشيكون بالمكسيك عام ١٩٨٢م والذى لم يكن له تفسير مقنع من قبل، إلا أن ثورة البراكين يمكن اعتبارها أحد الأسباب الجزئية المدمرة لطبقة الأوزون نظراً لأن النشاط البركانى معروف منذ ملايين السنين دون تأثير ملموس على طبقة الأوزون.

ومن الحلول العملية لعلاج تآكل طبقة الأوزون العمل على تدوير الكلوروفلوروكربونات وإعادة وحدات التبريد ومكيفات الهواء القديمة إلى المصانع حيث يعاد استخدام الغازات الموجودة فيها بدلاً من إطلاقها فى الهواء، وإعادة التدوير تساعد فى حل المشكلة جزئياً، ويبقى الحل الجذرى للحفاظ على طبقة الأوزون تتمثل فى حظر إنتاج الكربونات الكلورفلورية حظراً شاملاً، إلا أن الخطر سيترك أثراً مزعجاً على اقتصاديات العالم حيث يفوق حجم تعامل الكلوروفلوروكربونات ٢٢ مليار دولار إلا أنه يجب عدم التأخير فى حظر استعمالها. إلا أن من شأن كل سنة من التأخير عن حظر استعمال الكلوروفلوروكربونات يتسبب فى تأخير ٣ سنوات من الوقت الذى يحتاجه رأب الصدع وعودة طبقة الأوزون لحالتها السوية.

وتجدر الإشارة إلى أن الولايات المتحدة وكندا والسويد والنرويج والدنمارك حذرت من سنوات إنتاج مادة الإيروسول والكلوروفلوروكربون وذلك بدافع حماية البيئة علماً بأن هذه الحماية لا سبيل إليها ما لم تنتشر إجرادات الحظر على كل دول العالم جميعاً، لأن

المشكلة الكبرى أن طبقة الأوزون ككل حدث لها نقص على المستوى العالمى بدرجات مختلفة فى أماكن مختلفة.

ويعترض بعض العلماء على أن هناك ثقب بالأوزون يهدد البشرية، وأعلنت الإدارة الوطنية للشئون الجوية الأمريكية أن الثقب الخطير للأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية قد التأم، وأعلنت الإدارة فى عام ١٩٨٩ أن الإلتئام سيطول مدة سنة كاملة.

الأمطار الحمضية

نتج عن الاستخدام المتزايد لجميع أنواع الوقود مثل الفحم ومشتقات البترول المختلفة وبسبب ما يحتويه هذا الوقود من مركبات كبريتية أو نتروجينية كذلك وجود محطات القوى الكهربائية والكثير من المصانع فى كافة بلدان العالم إلى انبعاث كميات هائلة من الغازات الحامضية مثل ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النتروجين حيث يتصاعد إلى طبقات الجو العليا وهناك وبفعل الأشعة فوق البنفسجية يحدث تفاعل بين غاز ثانى أكسيد الكبريت وأوكسجين الهواء الجوى حيث ينتج غاز ثالث أكسيد الكبريت والذى بدوره يتحد مع بخار الماء الموجود فى الجو منتجاً حامض الكبريتيك حيث يبقى هذا الحامض فى صورة رذاذ دقيق معلقاً فى الجو وتنقله التيارات الهوائية من مكان إلى اخر وعندما يكون الجو صافياً فإن هذا الرذاذ الدقيق من الحامض يبقى معلقاً فى الجو فى صورة ضباب، وعندما يصبح الجو ممطراً والبرودة شديدة فإن رذاذ الحامض يذوب فى ماء المطر ويختلط مع الجليد ويسقطان على سطح الأرض على هيئة ما يعرف بإسم الأمطار الحامضية.

ولا يقتصر تكوين الأمطار الحامضية على أكاسيد الكبريت وحدها بل يشترك معها فى تكوين هذه الأمطار أكاسيد النتروجين والتى تنتج كذلك نتيجة احتراق الوقود المحتوى على كميات ضئيلة من المركبات النتروجينية سواء عند استخدامه فى محركات السيارات أو فى الآلات داخل المصانع وأيضاً فى بعض الصناعات مثل صناعة تكرير البترول. كذلك تتكون هذه الأكاسيد فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية بين غازى الأوكسجين والنتروجين، كما ذكرنا، وهذه الأكاسيد بدورها تتحول فى وجود الأوكسجين وبفعل الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس وأيضاً بخار الماء إلى حامض النتريك والذى يبقى فى الجو معلقاً على هيئة رذاذ حيث يتساقط مع مياه الأمطار والجليد على سطح الأرض مكوناً أيضاً الأمطار الحامضية.

وللأمطار الحامضية الكثير من الآثار الضارة والتى تتمثل فى زيادة الحموضة للمجارى المائية مثل الأنهار والبحيرات حيث تقضى الحموضة الزائدة على الكثير من الكائنات المائية. كما تتسبب هذه الأمطار فى تلوث التربة الزراعية والأضرار بالمحاصيل والغابات وما تحتويه من أشجار وحيوانات، كذلك أدت هذه الأمطار الحامضية إلى تفتت الصخور وتآكل أحجار المبانى والمنشآت داخل المدن.

وهناك العديد من الدول وخاصة الصناعية منها والتى تعانى من آثار هذه الأمطار الحامضية وما تسببه من تلوث فى هوائها ومياهها وتربتها مثل دول أوروبا الغربية كألمانيا وبريطانيا وفرنسا، وكذلك الدول الاسكندنافية فى أقصى الشمال الأوروبى مثل السويد والنرويج، وفى بلاد أمريكا الشمالية مثل كندا والولايات المتحدة الأمريكية. لذلك فإنه توجد محاولات جادة فى كثير من الدول الصناعية حيث تعقد المؤتمرات وتقام الندوات وتقدم الكثير من الأبحاث والحلول الكفيلة للحد من كميات هذه الغازات الحامضية وبالتالى التقليل من خطورة الأمطار الحامضية وما تسببه للإنسان من مضار وأخطار.

وتدل الدراسات الحديثة على أن الأمطار الحمضية قد قضت على ٣٤٪ من الأشجار فى ألمانيا الاتحادية فى عام ١٩٨٢ وزادت الأضرار فى عام ١٩٨٥ بنسبة تصل إلى ٥٠٪ ، وحدثت أضرار فى الغابة السوداء بنسبة تصل إلى ٧٥٪. وحدث مثل ذلك فى فرنسا فقد بلغت نسبة الأشجار التى أتلفتها الأمطار الحامضية ٥٠ - ٦٠٪، وبلغت نسبة الأشجار التى قضت عليها الأمطار الحامضية نحو ٤٠٪ فى أوروبا الشرقية، وفى تشيكوسلوفاكيا فقط قضت الأمطار الحمضية على ما لا يقل عن ١٢٥ ألف فدان من غابات جبال أور وأنها تهدد بالقضاء على ١٥٠ ألف فدان أخرى من تلك الغابات فى المستقبل، وأن الأضرار التى لحقت بهذه المساحة أصبحت لا يجدى معها أعمال الإنقاذ وأن مصدر هذا الخراب هو الغازات التى تتصاعد من محطات توليد الكهرباء القائمة فى شمال البلاد، ويأتى غاز ثانى أوكسيد الكبريت فى طليعة تلك الغازات التى تطلقها المحطات المذكورة والتى دمرت غابات الصنوبر فى تلك المناطق المذكورة فى مطلع السبعينات وقد قضت الأمطار الحمضية على أوراق تلك الأشجار وجردتها منها.

والأمطار الحمضية وتأثيرها ليس وقفاً على غابات أوروبا، فالولايات المتحدة

الأمريكية هى الأخرى تعانى من هذه الأمطار ففى ولاية جورجيا وسائر ولايات الساحل الغربى (حيث واشنطن ونيويورك وغيرها) حتى الحدود الكندية. أما الساحل الشرقى فقد بلغ تلوث المطر الحمضى أقصاه فى بعض المناطق فى كاليفورنيا، وتقدر الأضرار التى يحدثها التلوث بالمطر الحمضى بحوالى ٣٠٠٠ : ٤٠٠٠ مليون دولار سنوياً، أما كندا فقد قضى المطر الحمضى القادم إليها من الولايات المتحدة الأمريكية على مايقرب من ١.٦ مليون كيلومتراً مربعاً من غاباتها.

ظاهرة النينو El-Nino

تعددت التعريفات الخاصة بظاهرة النينو التى تعد ظاهرة قديمة قدم الأرض بيابسها ومائها وحركات هوائها، ومن هذه التعريفات أن ظاهرة النينو هى عبارة عن تيار مائى دفئ يمثل فرعاً من التيار الاستوائى العكسى فى المحيط الهادى، الذى يتحرك بعكس حركة التيارين الاستوائيين الشمالى والجنوبى وفيما بينهما، بما يوحى أن هذه الظاهرة تقتصر على المحيط الهادى. أما التعريف الأكثر تحديداً لظاهرة النينو فهو الذى يتوافق ويتناسب مع الحقائق العلمية المستمدة من التغيرات فى حركة الجو وحركة التيارات فى المحيطات المقترنة بحركة الشمس الظاهرية السنوية شمال خط الاستواء (الصيف الشمالى) وجنوبه (الصيف الجنوبى)، حيث تنتقل مع ذلك مواقع التيارات المحيطية، وبشكل أكثر وضوحاً تلك المرتبطة بخط الاستواء الحرارى الذى يكون إلى الشمال من خط الاستواء الفلكى فى الصيف الشمالى بنحو عشر درجات وإلى الجنوب منه فى الصيف الجنوبى بنحو ثلاث درجات.

فحركة التيار الاستوائى العكسى الذى يكون اتجاهه شرقياً باتجاه السواحل الغربية لقارة أمريكا الجنوبية فى نطاقها الاستوائى، يكون فى موقع إلى الجنوب من خط الاستواء الفلكى فى كل سنة، مصحوباً بارتفاع حرارى بفعل اندفاع المياه الحارة على طول تلك السواحل الأمريكية الجنوبية فى الإكوادور وبيرو وشمالى شيلى، بارزاً ذلك بشكل لافت لنظر السكان المحليين مع بداية السنة الميلادية وأعياد الميلاد ليطلق عليه السكان المحليون تسمية ،النينو El-Nino، بمعناها الحرفى باللغة الإسبانية وهو الطفل الصغير (النونو). وتمثل هذه الظاهرة عموماً حدثاً عادياً، متكرراً سنوياً، مرتبط كما ذكرنا سابقاً بحركة الانتقال للأنظمة الجوية والمحيطية المصاحبة مع حركة الشمس الظاهرية، لتعمم

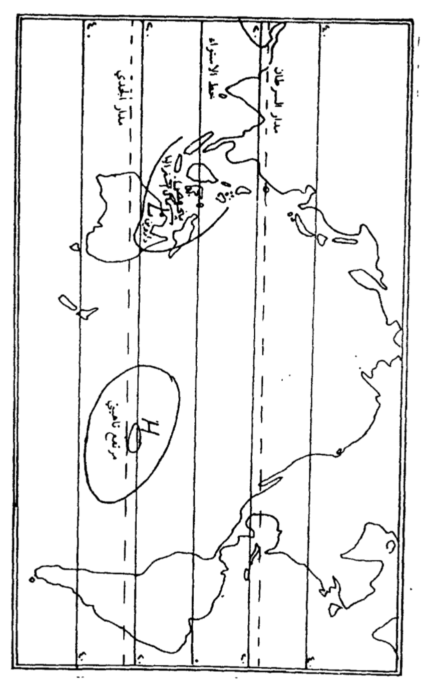
تلك الظاهرة على الشذوذ الحرارى الذى ينتاب مياه التيار الدافئ أصلاً وذلك فى بعض السنين.

وفى الوقت الحاضر، فإن ظاهرة النينو تشير إلى عوارض حارة رئيسة تنتاب التيار الإستوائى العكسى لفترة من الزمن الذى يتعرض سطح مياهه إلى ارتفاع كبير وشاذ فى درجة حرارته على غير المألوف فى بقية السنوات الاعتيادية فى درجة حرارة مياهها، وفى أحداث الطقس المصاحبة لها. ولا ينحصر الارتفاع الحرارى لمياه سطح المحيط على السواحل الأمريكية الاستوائية، وإنما يشمل امتداداً كبيراً عبر المحيط الهادى الاستوائى يصل غرباً حتى خط طول ١٨٠ فأكثر، أى بما يزيد على أكثر من ربع محيط الأرض (من خط طول ٨٠ غرباً إلى ما بعد خط طول ١٨٠ غرباً - شرقاً).

وهكذا نجد أن ظاهرة النينو بعد أن كانت عامة ومتكررة سنوياً بصورة دورية مع بداية كل سنة ميلادية، محددة بتقدم المياه الحارة جنوباً على طول سواحل الإكوادور وبيرو وشمالى شيلى على حساب تراجع نسبى للمياه الباردة، أصبحت الآن أكثر خصوصية وأقل انتظاماً ودورية فى حدوثها وترددها، فهى تخص حركة مائية محيطية على طول خط الاستواء من الهادى الغربى حتى الهادى الشرقى حيث الساحل الأمريكى الجنوبى ليسير مسافة على طوله جنوباً، مع ارتفاع حرارة سطح مائه أكثر من درجتين فوق معدلها المعروف، ولذا فإنها ظاهرة تكاد تشمل المحيط الهادى الاستوائى من غربه حتى أقصى شرقه، دون وجود دورة محددة بدقة لمواقيت حدوثها، وإن كانت بدايتها فى أكثر حالاتها شدة تكون منذ منتصف الصيف إلى بداية الصيف التالى مع تعاظم قوتها فى شهرى ديسمبر ويناير.

وإذا كانت ظاهرة النينو؛ بكل بساطة ظاهرة إقليمية منعزلة المنشأ، عالمية التأثير، فهى محدودة النشأة فى المحيط الهادى الشرقى، وإن كانت ممتدة حتى أواسطه فى النطاق الاستوائى، كما أن العوامل المباشرة المؤدية إلى حدوثها تتجلى واضحة فى هذا المحيط، وبخاصة فى جزئه الجنوبى المدارى بين دائرتى عرض ١٠ - ٢٠ جنوب خط الاستواء. حيث لوحظ أن فترات حدوث التسخين الرئيسية فى المحيط الهادى الاستوائى تتوافق مع فترات الاختلاف فى قيم الضغط الجوى السطحى بين موقعين، أحدهما : عند جزيرة تاهيتى جنوب شرق الهادى (خط طول ١٥٠ غرب

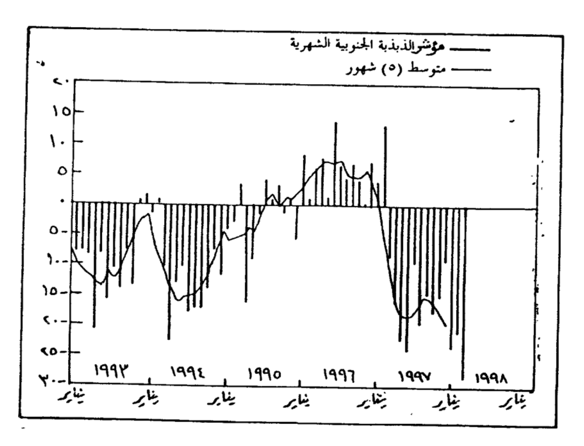
جرينتش) والآخر عند مدينة داروين فى شمال استراليا (خط طول ١٣٠ شرق جرينتش)، بمسافة فاصلة بينهما نحو ٦٥٠٠ كيلومتر. والضغط الجوى بين الموقعين السابقين ليس ثابتاً، وإنما فى حالة تغير وتذبذب، وتعرف تغيراته باسم الذبذبة الجنوبية



(شكل رقم: ٤ -٩) الوضع العادي للضغط في المحيط الهادي كمقياس للذبذبة الجنوبية

South Oscillation (SO)، ولقد عدّت تلك الذبذبة دليلاً على التغيرات فى حركة وخصائص المياه السطحية فى المحيط الهادى الاستوائى، وربط النينو بها ربطاً مباشراً، حيث تبين أن ظاهرة النينو تبرز بشكل واضح عندما يصبح الفارق الضغطى (الذبذبة الجنوبية) بين تاهيتى وداروين سلبياً قوياً (شكل رقم : ٤ -٩)، وهذا دليل على أن الشذوذ فى درجة حرارة سطح الماء يرتبط بالتغيرات الكبيرة فى اضطرابات الضغط الجوى.

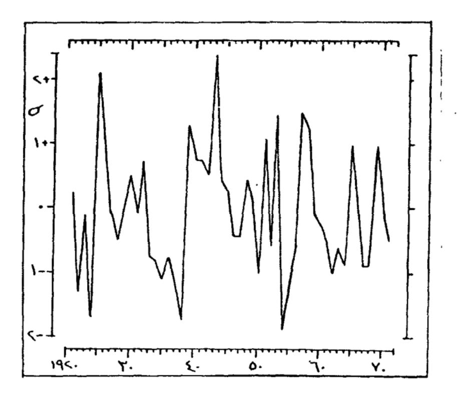
وهكذا فإن مؤشر الذبذبة الجنوبية فى الضغط بين الموقعين السابقين الذى هو دليل على مقدار التغير فى الضغط ووجهته سلبية أم إيجابية (شكل : ٥-٩)، يشكل مؤشراً يستدل به على حدوث ظاهرة النينو، أو تلاشيها وعودة الأمور إلى طبيعتها أو برودة مائية محدودة فيما اصطلح عليه اسم النينا El - Nina.



(شكل رقم: ٥-٩) مؤشر الذبذبة الجنوبية خلال فترتي نينو قويتين. والمؤشر مقياس لشدة النينو يقوم علي أساس فرق الضغط بين تاهيتي وداروين في استراليا

وبما أن النينو يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالذبذبة الجنوبية، بحيث لايمكن فصل بعضهما عن بعض، فقد بات الحديث فى الوقت الحالى عن ظاهرة الإينسو (ENSO) التى هى مصطلح مركب من مصطلحى النينو (El-Nino) والذبذبة الجنوبية (SO) . ولم تربط

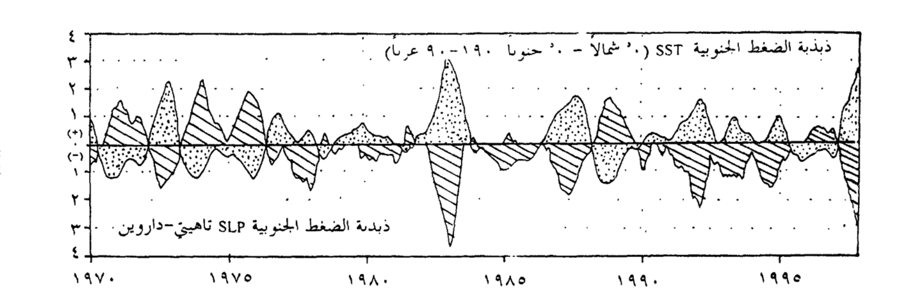
الذبذبة الجنوبية فقط مع النينو على طول ساحل أمريكا الجنوبية على المحيط الهادى، ولكنها ربطت مع مجموعة التذبذبات المحيطية – الجوية التى عدت جزءاً جوهرياً مع تذبذبات المناخ الأرضى من سنة إلى أخرى. وهكذا، يمكن القول : إن الحديث عن الإينسو يعنى الحديث عن النينو، والعكس صحيح.



(شكل رقم : ٦-٩) الانحراف في درجة حرارة المياه المحيطية على طول سواحل الإكوادور وبيرو

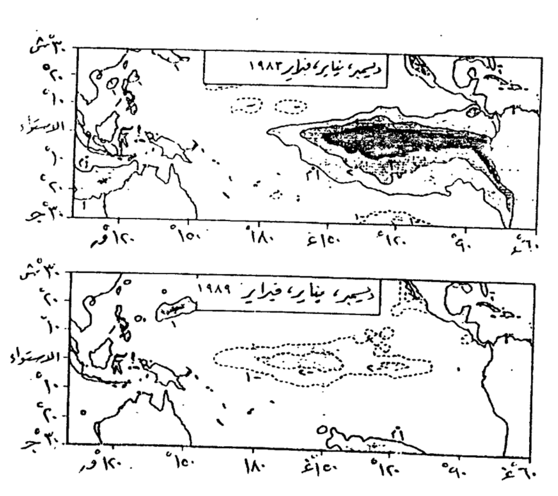
وتجدر الإشارة إلى أن مصطلح النينو يستعمل حديثاً ليشمل كافة المظاهر بمقياسها الكبير التى تكتنف حادثة التسخين، التى تتعرض لها مناطق الصعود المائى البارد على طول سواحل الإكوادور وبيرو حتى شمال شيلى، التى تصاحب تدفق جنوبى (باتجاه الجنوب) شاذ لتيار النينو الحار يبلغ امتداداً وتأثيراً كبيراً فى بعض السنوات، كما هو موضح فى الشكل رقم : (٦-٩) للفترة من عام ١٩٢٠ إلى عام ١٩٧٠

ويتضح من الشكل، أنه كلما كان مؤشر الذبذبة الجنوبية أكثر سلبية وبالتالى أشد قوة، كانت ظاهرة النينو أكثر ظهوراً، من حيث سعة امتدادها ودرجة حرارة سطح الماء المرافقة لها. وهذا ما يوضحه الشكل رقم (٧ – ٩) أيضاً للفترة بين عام ١٩٧٠ وعام ١٩٩٧ ، حيث يظهر فيه الارتباط الملحوظ بين ذبذبة الضغط الجنوبية السلبية والنينو، ومقدار الارتفاع فى درجة حرارة سطح الماء.



(شكل رقم: ٧-٩) الاقتران ما بين ذبذبة الضغط الجنوبية السلبية والنينو

ويمكن أن نعد ظاهرة النينا El - Nina (كلمة إسبانية معناها الحرفى الطفلة الصغيرة) معاكسة للنينو، على أساس أن النينا تمثل شذوذاً سلبياً فى درجة حرارة سطح المحيط بالنسبة للأحوال العادية المألوفة. غير أن هذا الشذوذ ليس كبيراً وغير ملحوظ بشكل واضح، ذلك أن انخفاض الحرارة يتراوح بين ١ - ٢°م عن المعدل العام، مع تركيز هذا الانخفاض فى الجزئين الشرقى والأوسط للهادى المدارى. وإذا كان ينظر إلى النينو والنينا على أنهما فترتان متعاكستان من دورة الإينسو ومكملتان لها. فإن ظاهرة النينو تمثل الفترة الحارة من دورة الذبذبة الجنوبية الإينسوية، بينما تمثل النينا الفترة الباردة من دورة الإينسو. غير أن البعض يقسم دورة الإينسو إلى ثلاث فترات : فترة حارة وهى النينو، وفترة باردة تعقبها وهى النينا، ثم عودة إلى الأحوال الطبيعية.



(شكل رقم ٨ - ٩) مقارنة بين درجة حرارة سطح المحيط الهادي الاستوائي في فترة نينو (ديسمبر ويناير وفبراير عام ١٩٨٢) وفترة شبه نينا (ديسمبر ويناير وفبراير عام ١٩٨٩)

ولكن إذا كانت ظاهرة النينو تحدث بصورة دورية تقريباً، فإن هناك عوامل خارجية لاتؤدى فى بعض دورات الإينسو إلى حدوث برودة فى سطح المحيط (النينا)، وهذا ما حدث خلال الفترة من ١٩٨٣ – ١٩٨٨ (شكل رقم : ٨ – ٩). وكانت ظاهرة النينو قبل الثمانينات ترتبط بسنين حرارتها أعلى من المعدل (ولاسيما قرب خط الاستواء)، بينما ارتبطت ظاهرة النينا بالسنين الباردة. وكانت آخر ظاهرة النينا قبل عام ١٩٨٨ ما حدث فى عام ١٩٧٥. لكن فى نهاية ١٩٨٨ وفى أعقاب سنتين شديدتى الحرارة (١٩٨٦، ١٩٨٧) – حيث ارتفعت الحرارة فى شتاء (١٩٨٦ – ١٩٨٧) فى كندا نحو تسع درجات مئوية فوق المعدل، وبلغ الشذوذ فى (٨٧ – ١٩٨٨) نصف هذا الشذوذ. وعلى مستوى العالم كان عاما (١٩٨٧ و ١٩٨٨) أدفأ ما سجل منذ سنين عدة سابقة – بزغ أخيراً نمط لظاهرة النينا مميز فى توزيع حرارة سطح المحيط الهادى. وهذه الفترة من انقطاع النينا لم تكن هناك فترة انقطاع توازيها بين وقائع النينا منذ بدأ التسجيل فى الربع الأخير من القرن التاسع عشر.

ولقد باتَ مؤكداً أن ظاهرة النينو هى نتاج تفاعل بين الجو والمحيط الذى يتشكل ضمنه. كما يرى بعض الباحثين أن ظاهرة النينو السائدة عند السواحل الغربية الأمريكية وأقصى شرق الهادى الجنوبى المجاور لها، بما يصاحبها من شذوذ حرارى إيجابى فى المياه البيروية يتوافق مع الانحرافات ذات الإشارة نفسها بعيداً عن كاليفورنيا، مما يدفعنا إلى القول : إن التيارات الاستوائية بما ينبثق عنها من تيارات مائية فرعية، خاصة تلك التى تشكل دورة حركية مائية فى العروض الدنيا لايمكن فصلها عن الحركات الجوية فى المنطقة.

وقد أصبح معروفاً أن ظاهرة النينو ببعدها المائى الحركى ودرجة حرارة الماء الشاذة إيجابياً هى محدودة بساحل أمريكا الجنوبية الاستوائى والمدارى، فيما بين دائرتى عرض ٥ شمال خط الاستواء و ١٥ جنوبى خط الاستواء، مع تقلص فى بعض الدورات عن هذا المدى، وتوسع فى دورات أخرى. ولهذا ارتبطت ظاهرة النينو بسواحل الإكوادور وبيرو وشمالى شيلى حيث تصل مياهها الحارة حتى الأجزاء الشمالية من ساحل شيلى قرب دائرة عرض ٢٠ جنوباً.

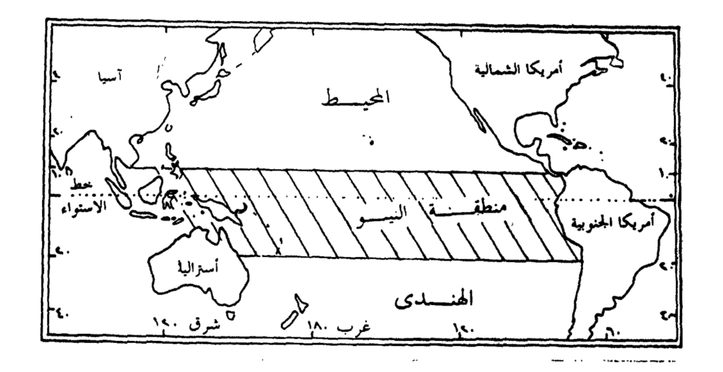
وفى هذا الصدد يمكن القول، أن تيار النينو لايقتصر على السواحل السابقة الذكر، بل يمتد بعمق فى المحيط الهادى الاستوائى ليشمل الحوض الهادى الأوسط، وذلك حتى خط

طول ١٨٠ غرباً ومتجاوزاً إياه فى بعض الدورات، بمدى عرضى أقل مما هو عليه عند ساحل الهادى الشرقى (شكل رقم : ٩- ٩).

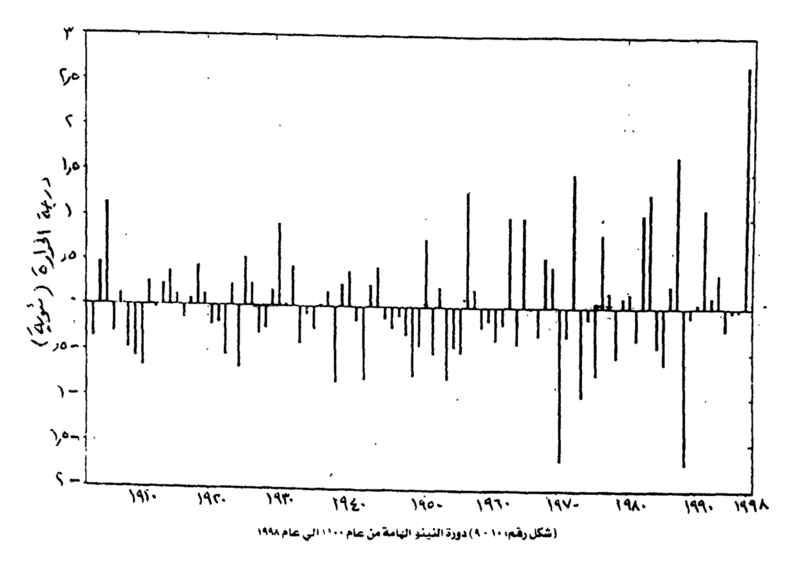
وقد ركزت البحوث على المحيط الهادى كمجال مناسب لحدوث ظاهرة النينو، بفعل اتساعه، لامتداده فى الحزام الاستوائى على أكثر من ٧٠ درجة طولية، ومن ثم فإن قوة الرياح التجارية يكون لها تأثيراً عظيماً فى هذه المنطقة، واستجابة المياه فى المحيط الهادى لفعلها كبيرة، فإن هناك ما يناظر ذلك فى الأطلسى المدارى. حيث وجد أن التصعيد المائى الفصلى فى خليج غينيا لايمكن تفسيره بضغط الرياح المحلية. كما أشارت العديد من الدراسات إلى أن قوة الرياح الشرقية فوق الأطلسى الاستوائى الغربى يمكنها أن تسبب اختلافات فى درجة حرارة سطح الماء عند الطرف الشرقى من المحيط. وتؤثر درجة حرارة سطح المحيط بدورها على كمية الرطوبة والاستقرار، وما يرتبط بذلك من شذوذ مطرى... وغيره. ومما يقف عائقاً أمام إمكانية ظهور النينو بشكل معتد به هنا؛ قلة اتساع المحيط الأطلسى فى الحزام الاستوائى الذى لايزيد على ثلث اتساع المحيط الهادى، مما لايتيح الإمكانية لتشكل ظاهرة النينو فيه.

وتتبع ظاهرة النينو فى حدوثها دورة متكررة غير منتظمة المدة، تتراوح مدتها بين ٢ - ٥ سنوات، بمتوسط لها نحو ٤ سنوات. ولقد قام بعض العلماء بتأريخ أحداث النينو الهامة منذ عام ١٨٩١ أما البعض الآخر فيعود بالزمن أكثر إلى الوراء، وذلك إلى سنة ١٨٨٢ (حادثة نينو) وسنة ١٨٧٨ (حادثة نينو سابقة). ولقد بلغ تكرار ظاهرة النينو من الربع الثانى للقرن الثامن عشر وحتى نهاية القرن العشرين ٨٣ مرة أو حدثاً، وأن العديد من تلك الأحداث تمتد لتغطى النصف الثانى من سنة ميلادية والنصف الأول من سنة تالية لها، ولتمتد بعض الأحداث الكبرى إلى أكثر من ١٢ شهراً، بحيث تمتد على أواخر سنة، وسنة تالية، وأوائل سنة لاحقة، كما فى حادثة نينو ١٨٤٥ و ١٨٨٨ و ١٩٤٠. وقد لوحظ أيضاً، أن هناك تبايناً واضحاً فى الفواصل الزمنية بين كل حادثة وأخرى، (± ١ سنة)، مما يجعل أحداث النينو لا تتكرر وفق دورية محددة المدة، كدورة البقع الشمسية مثلاً، وهذا يجعل التنبؤ بظاهرة النينو لايتم إلا قبل حدوثها بفترة عندما تبدأ طلائع التغيرات الجوية والمحيطية الدالة عليها بالظهور، قياساً بالأحداث الماضية (شكل رقم: ١٠ - ٩).

ومن الثابت أن معظم أحداث النينو تستمر ما لا يقل عن عشرة شهور، موزعة على



(شكل رقم ٩-٩) منطاق تردد النينو



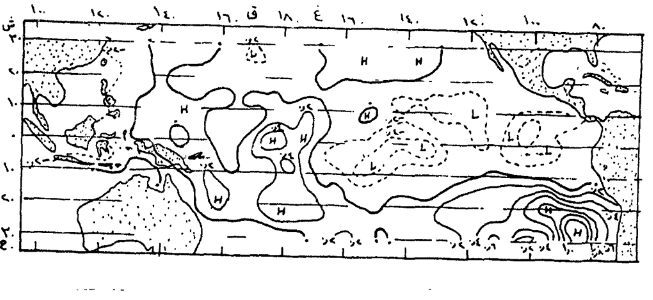
(شكل رقم: ١٠ - ٩) دورة النينو الهامة من عام ١٩٠٠ الي عام ١٩٩٨

سنتين، بحيث تكون على أشدها عموماً عند بداية السنة الميلادية، وهذا ما يتضح من أحداث النينو فى القرن العشرين المتداخلة فى سنتين، والشديدة منها ربما نجدها متداخلة فى ثلاث سنوات، مستمرة من آخر سنة إلى السنة التالية، وأوائل السنة اللاحقة لها (١٩٣٩ ، ١٩٤٠ ، ١٩٤١). ورغم أن توقيت النينو مختلف من دورة إلى أخرى، ومختلف مع ذلك فى سعته وامتداده، ومن ثم فى قوته واستمراريته، إلا أن أقصى قوة له تكون فى فترة الشمس الجنوبية (بداية السنة الميلادية)، ومع ذلك فإن الشذوذ الحرارى الذى تتصف به ظاهرة النينو يكاد يتم وفق دورة سنوية، تشتمل على عدة فصول، كل فصل يشتمل على ثلاثة شهور، بحيث تكون إرهاصاته الأولى مع بداية شهر أغسطس، وفصوله هى كما يلى : خلال شهور أغسطس وسبتمبر وأكتوبر لم تتضح معالم ظاهرة النينو وليس هناك من آثار تدل عليه، وإنما يتم معرفة مقدماته الأولية من خلال التغيرات التى تعترى الذبذبة الجنوبية. وتعد شهور نوفمبر وديسمبر ويناير، الفترة السابقة لقمة النينو. (والشكلان : ١١ – ٩ ، ١٢ – ٩) يوضحان هذه المرحلة والمرحلة السابقة لها.

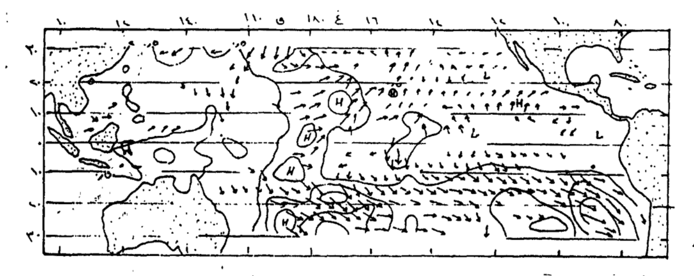
وفى خلال مرحلة قمة النينو فى شهور مارس وأبريل ومايو، فإن الشذوذ الحرارى يكون إيجابياً فوق معظم المحيط الهادى المدارى الشرقى مع امتداده الأكبر بعيداً عن ساحل بيرو وفى حزمة ممتدة من هناك إلى المنطقة الاستوائية فى المحيط الهادى الغربى. ويبدو وجود حرارة عظمى فى المحيط الهادى الاستوائى الأوسط، ولكنها أضعف من القسم الشرقى، مع فاصل بينهما زبرد نسبياً. وفى هذه الفترة تضعف الرياح التجارية بشكل كبير فوق المحيط الهادى الاستوائى الأوسط، شكل (١٣ – ٩، ١٤ – ٩).

وخلال الفترة التالية لقمة النينو (شهور أغسطس وسبتمبر وأكتوبر)، فإن الشذوذ الحرارى الإيجابى لسطح المياه كان قد ساد فى الهادى الاستوائى كله من أمريكا إلى غرب خط التاريخ، ولكنه كان أضعف من الفترة السابقة (شكل : ١٥ – ٩). مع حدوث انتقال للمياه الحارة بعيداً عن ساحل بيرو، لينتشر الماء الحار فى المحيط المفتوح ضمن حزمة إلى الجنوب أو قرب الهادى الاستوائى الشرقى، منفصلاً عنه حرارة عظمى فى المحيط الهادى الاستوائى الأوسط. وتتميز الرياح التجارية فى هذه المرحلة بضعف ملحوظ فى الهادى الاستوائى الأوسط والغربى (شكل : ١٦ – ٩).

وعلى الرغم من الخصائص العامة المشتركة بين أحداث النينو كافة، إلا أن لكل حادثة نينو خصوصيتها المميزة لها؛ من حيث قوتها ومجال سيادتها وفترة استمراريتها. ذلك أن اختلاف استجابة المياه العلوية تعتمد على التوزيع الطولى لقوة ضغط الرياح



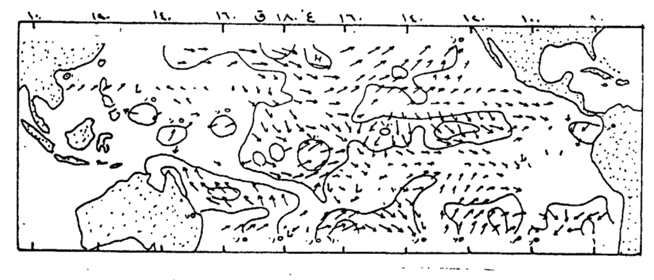
(شكل رقم : ٩-١١) الشذوذ الحراري لسطح المحيط خلال الفتره من نوفمبر الي يناير السابقة للنينو



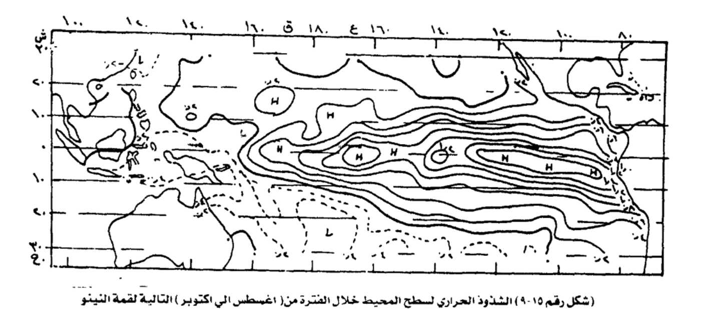
(شكل رقم : ١٢-٩ حركة الرياح خلال الفترة من نوفمبر الي يناير

١٠٠ ١٢٠ ١٤٠ ١٦٠ ق ١٨٠ غ ١٦٠ ١٤٠ ١٢٠ ١٠٠ ٨٠

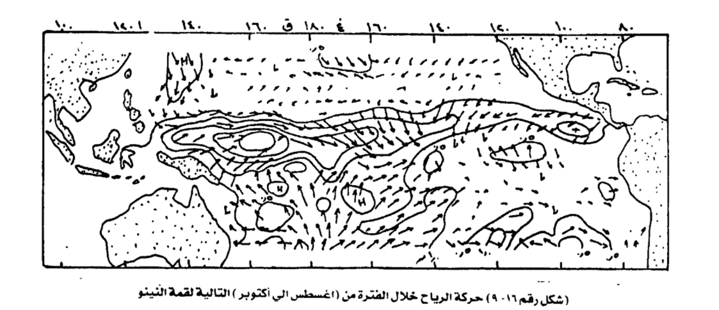
(شكل رقم : ٩-١٢ الشذوذ الحراري لسطح المحيط خلال فترة قمة النينو (مارس - مايو)



(شكل رقم ١٤٠-٩) حركة الرياح خلال الفترة (مارس - مايو)



(شكل رقم ١٥-٩) الشذوذ الحراري لسطح المحيط خلال الفترة من (اغسطس الي اكتوبر) التالية لقمة النينو



(شكل رقم ١٦-٩) حركة الرياح خلال الفترة من (اغسطس الي أكتوبر) التالية لقمة النينو

الشرقية فوق المحيط الهادى الاستوائى. وفى كافة أحداث النينو التى درست مؤخراً كان التركيز يتم على معرفة مقدار الضعف فى التجاريات غرب خط التاريخ الدولى فى أواخر السنة السابقة لوقوع ظاهرة النينو.

ومن أحدث ظاهرة النينو العنيفة بل أعنفها خلال القرن العشرين، أحداث أعوام ١٩٢٥ ، ١٩٧٢ ، ١٩٨٢ ، ١٩٨٣ وأخيراً عامى ١٩٩٧ - ١٩٩٨ . وقد تجلى ذلك بالآثار الكبيرة التى أحدثتها تلك الجولات على مناخ كوكب الأرض.

والجدول التالى يبين أحداث النينو خلال الفترة (١٨٩٩ - ٢٠٠٠) مصنفة حسب درجات شدتها.

السنة	درجة الشدة	السنة	درجة الشدة
١٨٩٩	قوية	١٩٤٦	ضعيفة جداً
١٩٠٠	معتدلة	١٩٤٨	ضعيف جداً
١٩٠٢	معتدلة	١٩٥١	ضعيفة
١٩٠٥	معتدلة	١٩٥٣	معتدلة
١٩١١	قوية	١٩٥٧	قوية
١٩١٢	معتدلة	١٩٥٨	قوية
١٩١٤	معتدلة	١٩٦٣	ضعيفة جداً
١٩١٧	ضعيفة	١٩٦٥	معتدلة
١٩١٨	قوية	١٩٦٩	ضعيفة
١٩١٩	معتدلة	١٩٧٢	قوية
١٩٢٣	ضعيفة	١٩٧٣	قوية
١٩٢٥	قوية	١٩٧٥	ضعيفة جداً
١٩٢٦	قوية	١٩٧٦	معتدلة
١٩٢٩	معتدلة	١٩٨٢	قوية
١٩٣٠	معتدلة	١٩٨٣	قوية
١٩٣٢	ضعيفة	١٩٨٦	معتدلة
١٩٣٩	معتدلة	١٩٨٧	ضعيفة
١٩٤٠	ضعيفة	١٩٩١	ضعيفة
١٩٤١	قوية	١٩٩٢	ضعيفة جداً
١٩٤٣	ضعيفة	١٩٩٧	قوية
١٩٤٤	ضعيفة	١٩٩٨	قوية

ويتضح من الجدول أنه خلال القرن العشرين كان هناك (٤١) سنة حدثت فيها ظاهرة النينو، والباقى (٥٩) سنة كانت من سنوات عدم حدوث ظاهرة النينو وهى سنوات عادية حدثت فيها ظاهرة النينا.

ويؤدى حدوث ظاهرة النينو إلى ظهور تأثيرات مناخية وحيوية عامة يمكن أن نجملها فيما يلى : إذا كان النينو ظاهرة مائية، فإنه لايمكن عزله عن الجو المحيط به الذى يمارس دوراً فعالاً فى تشكله. وبما أن المنطقة المدارية بيابسها ومائها بما تملك من فائض طاقة وبخاصة البحار والمحيطات، هى المحرك الرئيسى للجو الأرضى، فإن أية تغييرات كبرى فى المخزون الحرارى المحيطى وفى درجة حرارة سطح الماء بمساحات كبرى سيترك آثاره فى تغيرات المناخ الواسعة فيها. ولا يقتصر تأثير النينو المناخى فى حركة الجو فى المنطقة المدارية فقط، بل يتعداها إلى العروض الوسطى. كما أن لظاهرة النينو آثاراً واضحة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون وفى نشأة العواصف والأعاصير، وقلة الأمطار فى منطقة ووفرتها فى منطقة أخرى، وارتفاع الحرارة وانخفاضها .

كما نجد أن من نتائج ظاهرة النينو فى العروض المدارية تنشيطها للحركة الجوية، ومن ثم زيادة فاعلية الرياح التجارية فى تحريك المياه ودفعها غرباً فى فترة اللانينو التى تشكل مرحلة فاصلة ما بين حادثتى نينو. يلى ذلك تراكم فاعل للمياه فى غرب المحيط الهادى، ومن ثم نشأة النواة الأولى لبداية نينو. فيما يشبه الدورة الذاتية التى يحركها النينو نفسه، والتى يشار إليها بما اصطلح عليه تسمية التغذية الاسترجاعية. كذلك لا يقتصر تأثير ظاهرة النينو على حركة الجو بين المدارى، وإنما يتعدى ذلك إلى العروض الوسطى عند المستويات العلوية والسطحية. إذ ينجم عن ظاهرة النينو كما أشرنا سابقاً تزايد فى انتقال الهواء والطاقة فى المستوى العلوى من طبقة التروبوسفير إلى حزام الضغط المرتفع شبه المدارى (دائرة عرض ٣٠°) مؤدياً ذلك إلى تعاظمه فى المستويات العليا والدنيا، مترتباً عليه تدرج كبير فى الضغط باتجاه القطبين، وبالتالى ازدياد فى سرعة الرياح الغربية العلوية وفى حركتها النطاقية، فينعكس ذلك على طبيعة الحركة الموجبة العلوية؛ من حيث سعة الموجات وطولها، والمعروفة عموماً بأمواج روسبى المصاحبة للتيار النفاث القطبى، بما لها من دور فى توجيه المنخفضات الجوية السطحية، وفى تشكلها، مما تظهر آثاره واضحة فى تقلبات الطقس فى العروض الوسطى، كاستجابة مباشرة أو غير مباشرة لظاهرة النينو، تتمثل عموماً بشدة الاضطراب الجوى فى العروض بين ٤٠

- ٦٠ درجة شمالاً وجنوباً، وباضطراب أقل في العروض شبه المدارية، التي يزداد في أجوائها العليا حركة التيار النفاث شبه المداري مع فترة ظاهرة النينو.

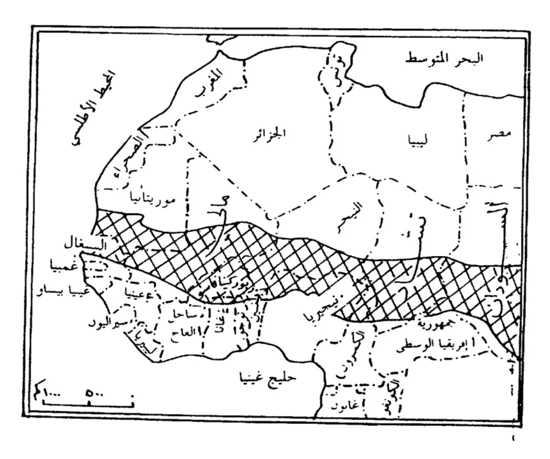
وإذا كان تدفق ثاني أوكسيد الكربون من المحيط . ى الجو ينقص كثيراً في فترة النينو، فإن هذا الأمر وحده لايكفي لتفسير التذبذبات الملحوظة في مستويات ثاني أكسيد الكربون الجوية الأرضية أو الإقليمية. كما أن اختلافات ثاني أكسيد الكربون خلال أحداث النينو من حيث المكان والزمان، لايمكن عزلها عن مصادره الأساسية من الغلاف الحيوي والصخري.

ولقد أشار بعض العلماء، إلى أن الزيادة الرئيسة في ثاني أكسيد الكربون الجوي عند نهاية فترة النينو مصدرها الغلاف الحيوي الأرضي، وسببها الجفاف والحرائق في آسيا الجنوبية الشرقية المصاحبة مع فشل الموسميات، وهذا ما يعاكس الشذوذ السلبي في فترة النينو بفعل تدني نسبة التدفق المحيطي والحيوي.

وقد أرجع سبب الاختلافات الإيجابية في ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة الحارة في المحيط الهادي المداري (١٩٩١ - ١٩٩٤) إلى اندفاع جبل بيناتوبو البركاني (يونيو ١٩٩١)، وما تلاه من تبريد في الجو بسبب سحابة الإيروسول البركانية الاستراتوسفيرية. وإنه لمن المعتقد أيضاً أن أحوال النينو تعد عاملاً يحد من تطور العواصف المدارية والهاريكين في المحيط الأطلسي، ولكن أعداد العواصف المدارية تتزايد فوق المحيط الهادي الشرقي والأوسط. غير أن ظاهرة النينا (مرحلة البرودة) في المحيط الهادي الاستوائي تكون ملائمة لنشأة الأعاصير المدارية (الهاريكين) وتطورها.

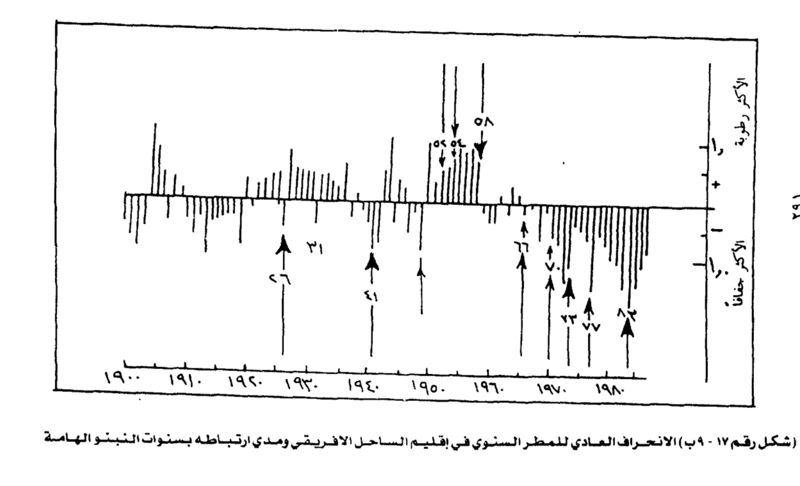
كما أكدت دراسة العلماء لأحداث النينو المتكررة خلال القرن العشرين على أنه يصاحبها شذوذ ملحوظ في درجات الحرارة والأمطار، وحدوث انزياح باتجاه الشرق لنشاط العواصف الرعدية؛ من إندونيسيا إلى أواسط المحيط الهادي، مصاحباً عادة بحالات من الجفاف غير العادية في استراليا الشمالية وإندونيسيا والفلبين، وحالات جفاف غير عادية في إفريقيا الجنوبية الشرقية والبرازيل الشمالية. وخلال الصيف الشمالي، يحدث ضعف كبير في الرياح الموسمية، ومن ثم تناقص كبير في الأمطار الموسمية الهندية، لتكون دون معدلها بكثير، وبخاصة في الجزء الشمالي الغربي من الهند. كما تزيد كمية الأمطار أكبر من المعدل المعروف لها بكثير، على طول الساحل الغربي من أمريكا الجنوبية المدارية، وفي العروض شبه المدارية من أمريكا الشمالية (ساحل الخليج)

وأمريكا الجنوبية (جنوب البرازيل إلى أواسط الأرجنتين) . كما يكون هناك نقص ملحوظ فى كمية الأمطار فى إقليم الساحل الإفريقى الممتد بحزام عرضى من دائرة عرض ١٠ إلى دائرة عرض ١٨ شمالاً بعرض القارة الإفريقية (شكل : ١٧ - ٩ أ، ب) .



(شكل رقم ١٧ - ٩) أ - أقليم الساحل الإفريقي

ولقد أوضحت بعض الدراسات أن معامل الارتباط بين الأمطار السنوية وأحداث ظاهرة النينو كان سلبياً فى كافة محطات إقليم الساحل الإفريقى. أما فى جنوب آسيا، وجنوب شرقها، وفى الصين الجنوبية فقد لوحظ ارتفاع كبير فى درجة الحرارة وبخاصة فى نصف السنة الصيفى ليصل إلى بضع درجات فوق المعدل (٥ - ١٠ م فوق المعدل) . كما تشهد اليابان والكوريتان شذوذاً إيجابياً فى درجة الحرارة.



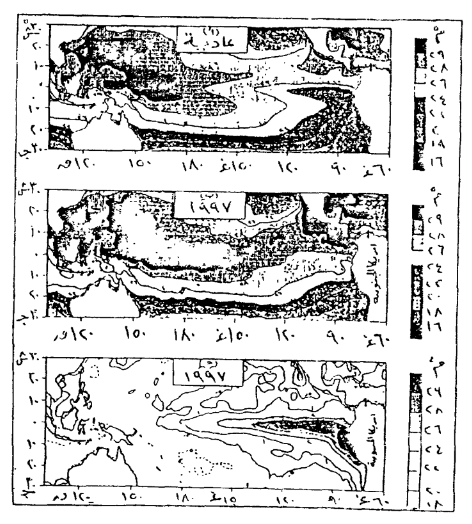
(شكل رقم ١٧ - ٩ب) الانحراف العادي للمطر السنوي في إقليم الساحل الافريقي ومدي ارتباطه بسنوات النينو الهامة

ومن الآثار البيئية والحيوية العامة لظاهرة النينو على سواحل أمريكا الجنوبية الغربية أنها تعرض هذا الساحل إلى الخلل فى السنوات التى يتقدم فيها تيار النينو الحار من الشمال متحركاً جنوباً بضعة درجات عرضية، عاكساً آثاره على الأوضاع الاقتصادية فى بيرو والإكوادور؛ حيث ينجم عن حرارة المياه الزائدة وتراجع التيار البارد، وغياب التصعيد المائى، تناقص كبير فى كمية المغذيات فى المحيط العلوى وحتى فقدان لها. وهذا الوضع يؤدى إلى هلاك فى الأسماك، منعكساً ذلك على السلسلة الغذائية بكاملها؛ من طيور بحرية تموت بأعداد كبيرة... نتيجتها كارثة بيئية بحرية. والآثار البيئية لهذا التيار الحار غير العادى لايتوقف عند العبث بالتوازن البيئى البحرى لمياه سواحل القارة الأمريكية الجنوبية؛ بل يتعدى ذلك إلى اليابس فى مناطق عدة من العالم، قريبة منه وبعيدة عنه، حيث تزداد الأمطار فى مناطق إلى درجة تحول كمياتها الكبيرة الغزيرة إلى فيضانات مدمرة للتربة وللمحاصيل الزراعية، وفى مناطق أخرى يتعاظم الجفاف وتتدهور البيئة الحيوية، وفى أخرى ترتفع الحرارة زيادة عن المعدل مقترنة بالجفاف والحرائق المدمرة.

ومن أحدث أحداث ظاهرة النينو ما وقع عام ١٩٩٧ - ١٩٩٨ الذى يعد واحداً من أقوى ظواهر النينو المسجلة. فقد تطورت بسرعة وارتفعت درجة حرارتها أكثر من المعدل فى أية ظاهرة سابقة. وكان الظهور السريع لهذا التيار فى المحيط الهادى المدارى الأوسط والشرقى فى شهرى أبريل ومايو عام ١٩٩٧. وخلال النصف الثانى من السنة أصبح أقوى من مثيله فى عامى ١٩٨٢ - ١٩٨٣، مع شذوذ إيجابى فى درجة حرارة سطح المياه عبر الهادى الأوسط والشرقى تجاوز (٢ - ٥°م) فوق المعدل، بل أنها تجاوزت المعدل بأكثر من (٥°م) قرب جزر جالاباجيوس Galapagos وعلى طول ساحل بيرو الشمالية (شكل: ١٨-٩).

ولقد ارتفعت درجة حرارة سطح المياه إلى أكثر من (٢٨°م) فى الأجزاء الوسطى والوسطى الشرقية من المحيط الهادى منذ بداية شهر مايو ١٩٩٧، لتختفى مياه المحيط الباردة العادية خلال الفترة من يونيو إلى أكتوبر. وكان التأثير التسخينى للنينو العامل الرئيسى الذى يعزى إليه تسجيل درجات حرارة مرتفعة فى العالم فى عام ١٩٩٧. حيث قدر أن متوسط درجة حرارة كوكب الأرض بيابسها ومائها كان أكبر بنحو (٠.٤٤°م) من المعدل القياسى خلال الفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠. وتجاوز متوسط حرارة عام ١٩٩٧ السنة

الدافئة السابقة (١٩٩٥) بنحو (٠.٣٨م). وفى منتصف شهر نوفمبر عام ١٩٩٨، كان حجم حوض مياه النينو الحارة قد تناقص بنسبة ٤٠٪ عن حجمه فى أول شهر نوفمبر عام ١٩٩٧، ومع ذلك فإن مساحة سطحه فى المحيط الهادى بقيت تقارب (١.٥ مرة) مساحة الولايات المتحدة الأمريكية. والطاقة المختزنة فى هذا المحيط الحار كانت كافية لإحداث تأثيرات كبرى على أنماط المناخ العالمى حتى منتصف عام ١٩٩٨.



(شكل رقم ١٨-٩) درجة حرارة المحيط الهادي العادية (أ) وفي خلال نينو عام ١٩٧٧ (ب) وانحرافها عن المعدل في عام ١٩٩٧ (ج)

ولقد استمر النينو حتى شهر أغسطس من عام ١٩٩٨، لتعود بعدها مياه المحيط إلى وضعها الطبيعي، وتبدأ بعدها الظاهرة العكسية التي سماها العلماء ظاهرة النينا، كما سبق أن ذكرنا. ومن أهم الآثار المناخية الإقليمية التي عزاها العلماء إلى نينو ١٩٩٧ – ١٩٩٨، نذكر منها: أنه في استراليا سيطر الجفاف الشديد على معظم استراليا منذ شهر يونيو وتزامن مع حرائق كبيرة في الغطاء النباتي، لاقتران الجفاف بالحرارة الشديدة، وبخاصة خلال الفترة (من مايو إلى أكتوبر). وقد عانت مناطق عديدة من نقص في الأمطار تراوح بين ٤٠٠ – ٥٠٠ ملليمتراً في الأشهر العديدة التالية لشهر يونيو. أما في إفريقيا فقد عانت الأجزاء الجنوبية من إفريقيا الغربية من جفاف شديد منذ شهر يوليو ١٩٩٧ مثلما حدث خلال نينو ١٩٨٢ – ١٩٨٣. أما في إفريقيا الجنوبية فقد تأخرت بداية فصل الأمطار في معظم أجزائها. أما إفريقيا الشرقية، فقد تلقت في الجزء الأول من شهر نوفمبر أمطاراً غزيرة غير عادية على طول الساحل، تجاوزت المعدل بكثير. وفي أمريكا الوسطى فقد عانت من جفاف غير عادي خلال الفترة من يونيو إلى أكتوبر عام ١٩٩٧. وتعرض شمال أمريكا الجنوبية لجفاف شاذ، تجاوزها شمالاً شرقياً إلى إفريقيا الغربية شمالي خليج غينيا. أما في معظم أواسط وجنوبي أمريكا الجنوبية فقد كان الجو أرطب من المعتاد خلال (يونيو – أكتوبر). كما أن غالبية الجزء الأوسط من القارة شهد ارتفاعاً في درجه الحرارة أكثر من معدلها العام ببضع درجات. وتلقت معظم أجزاء شيلي الوسطى كمية أمطار في يوم واحد بقدر معدلها السنوي. ومثل هذه الأحوال الجوية نتج عن زيادة ارتباط ظاهرة النينو برياح التيار النفاث والعواصف عبر المحيط الهادي الأوسط والجنوبي الشرقي، وقد امتدت هذه العواصف بشكل ملحوظ إلى شرقي القارة. وفي الإكوادور وبيرو حدثت أمطار غزيرة وفيضانات ضخمة في الأجزاء الساحلية والوسطى من الإكوادور، والأجزاء الشمالية الغربية والساحلية من بيرو، وبخاصة في شهري نوفمبر وديسمبر عام ١٩٩٧ حتى شهر فبراير من عام ١٩٩٨.

أما أمريكا الشمالية فقد عرفت أكثر آثار النينو شدة خلال الشتاء وأوائل الربيع. وبدأت آثار التيار الحار أبكر من المعتاد، وأثر على القارة بطرق عدة. فاستمرار مياه المحيط دافئة أكثر من المعتاد عند الساحل الغربي تسبب في ظهور أنواع حيوانية بحرية غير مألوفة على طول الساحل من شبه جزيرة باجا (Baja) إلى شمال غرب المحيط الهادي. كما تدنت كثيراً أعداد العواصف المدارية والهاريكين التي تضرب السواحل الشرقية وسواحل الخليج من الولايات المتحدة، لتنحصر في إعصار واحد (إعصار داني Danny)

الذى ضرب شبه جزيرة فلوريدا فى شهر يوليو ١٩٩٧ . وفى شهر أكتوبر ١٩٩٧ ضرب إعصار بولين (Pauline) جنوب غرب المكسيك محدثا تدميراً كبيراً فى منتجع أكابولكو السياحى على المحيط الهادى. وبصورة عامة فإن الأ ١ء الجنوبية والغربية والجنوبية الشرقية من الولايات المتـ دة، تلقت أمطاراً غزيرة خلال الفترة من يوليو ١٩٩٧ إلى فبراير ١٩٩٨ . ليسود الجفاف والحرارة المرتفعة شمال شرقى الولايات المتحدة، حيث تدنت الأمطار إلى نحو ٥٥ - ٧٠ ٪ من معدلها العام.

وقد حل فى إندونيسيا والفلبين جفاف شديد. فالجفاف فى إندونيسيا امتد من مايو إلى ديسمبر ١٩٩٧ مصاحباً بحرائق فى الغابات خلال الفترة (من مايو إلى أكتوبر)، ولقد تجاوز العجز فى المياه ٤٠٠ ملليمتراً. وشهدت الفلبين جفافاً أيضاً خلال الفترة من أكتوبر ١٩٩٧ إلى مارس ١٩٩٨ وهو موسم سيادة الرياح الموسمية الشمالية الشرقية.

أما فى آسيا فقد كان الجو رطباً مطيراً فى الهند خلال الفترتين (من مايو إلى سبتمبر) و (نوفمبر وديسمبر). وكذلك فى شرق الهند الصينية وأقصى جنوبى الصين. غير أن أواسط الصين وشمالها عانت من جفاف صيفى شديد، وارتفاع شاذ فى درجة الحرارة، مصاحب بحرائق، ونقص فى المياه، وامتد الجفاف حتى اليابان.

كما صاحبت ظاهرة النينو (١٩٩٧ - ١٩٩٨) آثار بيئية وحيوية جمة؛ لم تتوقف عند الآثار غير المباشرة التى أحدثتها الفيضانات فى منطقة، والجفاف والحرائق فى منطقة أخرى، وإنما شمل أيضاً الحياة المائية فى الأجزاء من المحيط التى تعرضت مياهها السطحية للارتفاع الحرارى، وبخاصة مياه سواحل الإكوادور وبيرو، للنقص الكبير فى الأسماك الذى حدث بهجرة بعضها وبموت بعضها الأكبر.

الفصل العاشر

الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية

وآثارهما علي دلتا النيل

الاحتباس الحراري* والتغيرات المناخية وآثارهما علي دلتا النيل

مقدمة

أثبت العلماء فى انجلترا والولايات المتحدة الأمريكية أن «الاحتباس الحرارى» موجود بالفعل كواحدة من الظواهر الطبيعية البيئية لها مكوناتها وعناصرها ومؤثراتها، وليس مجرد افتراض علمي يستدل على صحته من وجود ظواهر آخرى تفسره أو تدعم افتراض وجوده. وقد توصل العلماء إلى هذا الانجاز من مقارنة البيانات المستمدة من مرئيات التقطتها الأقمار الاصطناعية للأرض والغلاف الجوى بفارق زمنى قدره سبعة وعشرون عاماً، إذ أظهرت هذه المرئيات - بتحليل بياناتها - تضاؤل كمية الاشعاعات التى تتسرب من الغلاف الجوى للأرض إلى الفضاء الخارجي. ومن المعروف أن الدليل الذى كان يستند إليه العلماء لم يكن يتعدى - فى أفضل الحالات - التحليلات الحاسوبية والاستنتاجات المبنية عليها، وكان المنهج الأكثر شيوعاً فى اثبات وجود احتباس حرارى يتمثل فى تحديد عدد من الظواهر الفرعية التى لم تكن لتوجد أصلا وتصبح قابلة للملاحظة لو لم يكن هناك احتباس حرارى. واستخدم العلماء لاثبات ظاهرة الاحتباس الحرارى المرئيات التى التقطتها مركبه الفضاء الامريكية تيمبوس - ٤ فى عام ١٩٧٠ والتى أطلقتها وكالة الفضاء الامريكية (ناسا) لدراسة سطح الأرض والتغيرات فى الغلاف الجوى لمدة ثمانية أشهر - من ابريل ١٩٧٠ حتى يناير ١٩٧١ - والقمر الاصطناعى (ديوس) الذى اطلقته اليابان فى اكتوبر عام ١٩٩٦ لاغراض دراسة ومراقبة كمية الغازات الموجودة داخل الغلاف الجوى. ومن النتائج التى توصل إليها العلماء أن ظاهرة الاحتباس الحرارى يبدو أنها الخطر القادم لكوكب الأرض بعد الزلازل والأعاصير والسيول والفيضانات.

ويتسبب عن الاحتباس الحرارى تغيرات مناخية محلية واقليمية وعالمية والتى لها آثار خطيرة على حياة الشعوب واقتصاديات الدول مما يؤثر بالسلب على التقدم والرقى

(*) يعرف كذلك بالانحباس الحرارى أو الاحترار العالمى، أو ظاهرة الدفيئة، أو ظاهرة الصوبة الزجاجية أو ظاهرة البيوت الزجاجية والتى ينتج عنها ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض، وقد أجمع أهل الأرض على حدوثه ولكنهم اختلفوا اختلافا بينا فى تقدير كميته ومعدلاته.

للبشر. ويتفق الجميع فى الشرق والغرب والشمال والجنوب على حدوث التغيرات المناخية كظاهرة بدأ الاحساس بها بعد سنوات من بداية الثورة الصناعية وقيام البشرية بحرق كميات هائلة من الوقود الحفرى (الفحم والبترول). ويختلف معظم البشر فى تفسير بعض ظواهر المناخ خاصة أن هناك ظواهر أصبحت تدعو إلى الجدل مثل الارتفاع فى درجة الحرارة الشاذ فى بعض الأيام أوسقوط الأمطار أو ثلوج فى الصيف أو قيام عواصف وأعاصير فى أماكن لم تعهدها بعض المناطق أو حدوث تغير شديد فى المناخ فى نفس اليوم مثل البرودة الشديدة فى الصباح الباكر والحرارة الشديدة فى منتصف النهار، ولكل فرد تقريباً نظرية بشأن هذه التغيرات فى المناخ.

ويهتم هذا الفصل بدراسة هاتين الظاهرتين، الاحتباس الحرارى والتغيرات المناخية، اللتين احتدم نقاش مفرط عنهما واثير جدل مستفيض حولهما وعقدت لهما ندوات علمية عديدة ومؤتمرات عالمية متعددة لعل من اشهرها مؤتمر قمة الأرض، الذى ينعقد كل عشر سنوات ابتداء من عام ١٩٩٢ فى ريودى جانيرو، وكان موعده الثانى عام ٢٠٠٢ فى جوهانسبرج بجنوب افريقيا.

أولا: ظاهرة الاحتباس الحراري

إبتكر لفظة «الاحتباس الحرارى» العالم الكيمياوى السويدى، سفانتى أرينيوس، عام ١٨٩٦م. لقد أطلق أرينيوس نظرية أن الوقود الحفرى المحترق سيزيد من كميات ثانى اكسيد الكربون فى الغلاف الجوى وأنه سيؤدى إلى زيادة درجة حرارة الأرض. ولقد استنتج أنه فى حالة تضاعف تركزات ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فأننا سنشهد ارتفاعا بمعدل ٤ أو ٥ درجة مئوية فى درجة الحرارة، ويقترب ذلك على نحو ملفت للنظر من توقعات اليوم. ومن المعروف أن آثر الاحتباس الحرارى ولملايين السنين قد دعم الحياة على هذا الكوكب. وفي مثل ما يحدث فى درجة البيت الزجاجى فأن أشعة الشمس تتغلغل وتسخن الداخل إلا أن الزجاج يمنعها من الرجوع إلى الهواء المعتدل البرودة فى الخارج. والنتيجة فأن درجة الحرارة فى البيت الزجاجى هى أكبر من درجات الحرارة الخارجية. كذلك الأمر بالنسبة لأثر الاحتباس الحرارى فهو يجعل درجة حرارة كوكبنا أكبر من درجة حرارة الفضاء القارصة. ومن المعروف كذلك ان كميات صغيرة من غازات الاحترار المتواجدة فى الجو تلتقط حرارة الشمس لتسخن الأراضى والهواء والمياه مما ينفخ الروح فى أشكال الحياة. ويفضل امكانية غازات الاحترار على النقاط حرارة الشمس فأن هذه الحرارة تبقى فى الغلاف الجوى بالقرب من سطح الأرض لمدة تكفى لتبخر المياه من التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمحيطات لتتصاعد فى أعالى الغلاف الجوى البارد لتشكيل السحب والأمطار.

وقبيل الثورة الصناعية فأن غازات الاحتزار المنتشرة بشكل طبيعي فى الغلاف الجوى امتصت كميات كافية من حرارة الشمس لتبقى العالم فى درجة حرارية متعوسطة تصل إلى ما يقارب ١٥ درجة مئوية. ولكن اليوم فأن الغازات المصطنعة تحبس كميات متزايدة من حرارة الشمس فى الغلاف "جوى المنخفض وتمنعها من الانطلاق فى الفضاء. وكنتيجة لذلك فيتوقع أن ترتفع درجات الحرارة العالمية ما بين ٢-٥ درجة موية بحلول ٢١٠٠، وان تستمر بالارتفاع حتى تخفض انتشار غازات الاحتباس بشكل تقترب كميات تركزاتها فى الغلاف الجوى مرة أخرى من مستويات ما قبل الثورة الصناعية.

وكل عام تؤدى مختلف الأنشطة البشرية إلى انتشار ٥,٧ ألف مليون طن من الكربون فى الغلاف الجوى اضافة إلى كميات كبيرة من غازات الاحتباس الأخرى كالكلورو وفلوركربون والميثان وثانى أكسيد النتريت. ويعد ثانى أكسيد الكربون غاز الاحتباس الرئيسى والمسؤول عن ٥٥٪ من الاحترار العالمى. ويقدر أن أربعة أخماس إجمالى ثانى أكسيد الكربون المنبعث بواسطة الأنشطة الانسانية مصدره الوقود الحفرى المحترق، كالفحم والنفط والغاز، ومعظم الباقى ينجم عن قطع أشجار الغابات الاستوائية.

ويعد الكلور وفلورو كربون المستخدم فى التبريد ومكيفات الهواء وتصنيع المطاط والمواد العازلة وفى قناتى الايروسول، أكبر أسباب الاحترار العالمى - حوالى ٢٤ فى المائة - فيما يساهم الميثان بمعدل ١٥٪، ويساهم كذلك ثانى أكسيد النتريت بمعدل ٧٪. وتبقى غازات الاحترار فى الغلاف الجوى لعقود وحتى لقرون، ونتيجة لذلك فأننا حتى ولو وضعنا حدا لجميع الغازات فأن الكوكب سيستمر فى الاحترار والمناخ بالتغير لمدة قرن على الأقل.

أصل الظاهرة

ينطلق إلى الغلاف الجوى غاز ثانى اكسيد الكربون بمعدلات كبيرة كنتيجة لعوامل طبيعية ولكن المنبعث من ذلك الغاز بفعل الطبيعة تمتصه عوامل طبيعية أخرى كالأشجار والنباتات وبذلك يتحقق التوازن البيئى على المدى الطويل. غير أن النشاط البشرى يطلق أيضاً كميات متزايدة من ذلك الغاز مما يؤدى إلى زيادة تركيزه فى الغلاف الجوى محدثا ما يعرف بظاهرة البيت الزجاجى أو الاحتباس الحرارى Green House Effect وهو ما يؤدى بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى، ومن هنا اتجه التفكير إلى الربط بين ما ينبعث من تلك الغازات نتيجة للنشاط البشرى وبين هذه الظواهر التى تهدد نوعية الحياة على كوكب الأرض.

وتأييداً لتلك النظرية يقول أنصار حماية البيئة أن درجة تركز غاز ثانى أكسيد الكربون قد ارتفعت على مدى الأعوام المائة الماضية من نحو ٢٧٠ إلى ٣٥٠ جزءاً فى المليون، وهى زيادة تصل إلى نحو ٢٠٪ خلال الفترة المذكورة وينتظر أن يزداد التركيز إذا استمر الحال على ما هو عليه الآن ليصل إلى ضعفى ما كان عليه وذلك فى النصف الثانى من القرن الحادى والعشرين أى قرابة ٥٤٠ جزءاً فى المليون. وتشير الدراسات التى قدمت لمؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية الذى عقد فى ريودى جانيرو بالبرازيل عام ١٩٩٢ ويعرف باسم قمة الأرض، أن متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى قد ارتفع خلال الأعوام المائة الماضية بما يتراوح بين ٠.٣ و ٠.٦ درجة مئوية.

وكان المنبعث من الكربون نتيجة للنشاط الصناعى وغيره من الأنشطة البشرية عام ١٩٥٠ يبلغ نحو ١.٦ مليار طن، ومع استمرار نمو استهلاك الوقود الحفرى (الفحم والبترول والغاز الطبيعى) ارتفعت إنبعاثات الكربون لتبلغ فى عام ١٩٩٠ نحو ستة مليارات طن- وإذ يتأكسد الكربون بحيث يتحول طن الكربون إلى ما يعادل نحو ٣.٦٧ طن ثانى أكسيد الكربون- ونحو ٢٩ مليار طن عام ٢٠١٠ ونحو ٣٦ مليار عام ٢٠٣٠، ويرى أنصار حماية البيئة أن ذلك التطور من شأنه أن يرفع حرارة الغلاف الجوى بحلول عام ٢٠٥٠، بحيث تؤدى إلى إذابة الغطاء الجليدى فى القطبين الشمال والجنوبى فيرفع مستوى المياه فى البحار والمحيطات لكى يغرق الأراضى الساحلية المنخفضة على سطح الأرض بما فى ذلك أجزاء من الساحل الشمالى المصرى.

وفى محاولة للرد على النظرية التى تربط بين انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون وظاهرة الاحتباس الحرارى يقول بعض الخبراء: إن الفترات التى ارتفعت خلالها حرارة الغلاف الجوى عبر السنوات المائة الماضية لم تتزامن مع فترات ارتفاع التركيز فى ذلك الغاز، وأن البرامج التى تستخدم فيها الحسابات الآلية وإن كانت تتوقع ارتفاع حرارة الغلاف الجوى فى المستقبل إلا أنها لا تتفق فيما يتعلق بدرجة ذلك الارتفاع.

ويتركز اهتمام أنصار حماية البيئة حول السعى لخفض كثافة الطاقة المستخدمة لإنتاج السلع وأداء الخدمات وهو ما يترتب عليه بالضرورة خفض كثافة الكربون الذى يتخلف عن استهلاك الطاقة وينطلق فى الغلاف الجوى مسببا ظاهرة الاحتباس الحرارى.

وتقاس كثافة الطاقة بما يلزم استهلاكه من الطاقة لإنتاج وحدة من الناتج المحلى

الاجمالى GDP معبراً عنه بوحدات نقدية كالدولار، كما تقاس الطاقة المستهلكة (أو المنتجة) بوحدات قياس مشتركة. إذ يتم تحويل مختلف مصادر الطاقة إلى طن أو برميل بترول معادل. أو إلى وحدات حرارية بريطانية. ويتأثر هذا القياس بدوره بمستوى كفاءة المعدات والأجهزة المستخدمة للطاقة. مثل محطات توليد الكهرباء، والأجهزة التى يستخدمها المستهلك النهائى فى استهلاك الطاقة، ووسائل النقل والمواصلات.. إلخ. كذلك تتأثر كفاءة الأجهزة والمعدات بالأسعار النسبية للطاقة وغيرها من عوامل الإنتاج التى نسهم فى اقتصاد الدولة مثل رأس المال والعمل فكلما كانت تكلفة الطاقة أعلى من تكلفة غيرها من عوامل الإنتاج. ازداد الحافز للاستثمار فى تنمية تكنولوجيا كفاءة الطاقة وفى دعم أنشطة البحث والتطوير الموجهة لتحسين تلك الكفاءة، وكلما كانت تكلفة الطاقة تمثل جانبا مهما من ميزانية المنتج. ازدادت الرغبة فى تقليص حجم ما يستهلك منها، وارتفع بذلك الحافز لترشيدها اقتصادياً فى تكلفتها المرتفعة. وبعكس ذلك يكون الحال، كلما انخفضت أسعار الطاقة أو تضاءلت لفترة طويلة ففى تلك الحالة يتقلص الحافز للإنفاق على ترشيد الطاقة ورفع كفاءتها.

كذلك تتأثر كثافة الطاقة بعامل لا يرتبط مباشرة بسعرها أو تكلفتها، وهو ما يعرف بمعدل التغير الذاتى لاستخدام الطاقة. ومن ذلك ما يحدث مستقلا عن التغير فى أسعار الطاقة، من تغيرات فى معايير وكفاءة الأجهزة والمعدات المستهلكة للطاقة، وما يحدث أيضا من تغير فى أذواق وتفضيلات المستهلكين وبصفة عامة حتى بدون وضع وتنفيذ سياسة معينه لتحسين كفاءة الطاقة، فمن الممكن أن تتجه كثافة الطاقة إلى الانخفاض تدريجيا، وذلك على نحو ما يحدث بالفعل فى الدول الصناعية المتقدمة نتيجة للجهود التى تبذل لخفض تلك الكثافة دون النظر إلى أسعارها.

وقد انخفضت كثافة الطاقة (أى ارتفعت كفاءتها) بصورة مطردة فى معظم الدول الصناعية الغربية نتيجة لما قامت بوضعه وتنفيذه من برامج صارمة لترشيد الطاقة وتحسين معاييرها، إنتاجا واستهلاكاً ، كذلك اقترن بتلك البرامج اتجاه الاقتصادات الصناعية الغربية إلى إحلال الصناعات ذات الكثافة الخفيفة فى استهلاك الطاقة محل الصناعات الكثيفة فى استخدامها. ومن ذلك حدث فى الولايات المتحدة، إذ انخفضت كثافة الطاقة فيها بمعدل ٢,٢ ٪ سنويا فى المتوسط خلال الفترة ١٩٧٠ – ١٩٨٠، وبمعدل ١ ٪ سنوياً فى المتوسط خلال الفترة ١٩٨٦ – ١٩٩٨. وهى الفترة التى تآكلت خلالها أسعار البترول فلم تعد تمثل جانباً مهما فى تكلفة السلع الصناعية، وكذلك بعد أن أنجزت برامج ترشيد الطاقة أهم أهدافها فى تحجيم الهدر فى استخدام الطاقة.

وبذلك انخفض حجم الطاقة المستخدمة لإنتاج ما قيمته دولار واحد (بقيمة ثابتة) من الناتج المحلى الإجمالى فى الولايات المتحدة من نحو ١٨ ألف وحدة حرارية بريطانية عام ١٩٧٣ إلى نحو ١٠ آلاف وحدة عام ١٩٩٩ . ومع ذلك لا تزال الولايات المتحدة الأكثر إسرافا فى استهلاك الطاقة بين نظائرها فى المجموعة الصناعية الغربية، إذ لا يتجاوز حجم الطاقة المستهلكة فى الاتحاد الأوروبى لإنتاج ما قيمته دولار نحو ٧٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية. وبالنسبة للبترول بصفة خاصة لا يتجاوز استهلاك الاتحاد الأوروبى ثلثى ما تستهلكه الولايات المتحدة بالنسبة لكل وحدة من وحدات الناتج المحلى الإجمالى.

وكما ذكرنا تتخلف عن حرق الوقود الحفرى تركزات كربونية تتفاعل فى الجو مع الأوكسجين فتتحول إلى ثانى أكسيد الكربون. وتقاس كثافة الكربون بمقدار ما يتخلف منه عن إنتاج وحدة من الطاقة. ومن أمثلة ذلك ما يطلق فى الجو من الكربون ضمن عادم الأفران فى المنشآت الصناعية وقمائن الطوب وحريق قش الأرز إلى آخر ما نعانيه عندما تشتد كثافة السحابة السوداء على مدينة القاهرة. ففى كل حالة من تلك الحالات يقترن بكل وحدة من الطاقة المنتجة كمية من الكربون تنسبب إليها فيما يعرف اصطلاحاً بكثافة الكربون. ومن ثم فإن تلك الكثافة تختلف باختلاف المحتوى الكربونى لكل مصدر من مصادر الطاقة المستخدمة. فالطاقة النووية ومعظم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، مثل طاقة الرياح والشمس والطاقة الكهرومائية، لا يتخلف عنها شئ من الكربون أما مصادر الطاقة الحفرية (الفحم والبترول والغاز الطبيعى) فيختلف محتواها الكربونى بحسب المصدر. إذ يرتفع ذلك المحتوى بالنسبة لكل وحدة حرارية منتجة فى حالة الفحم، ويتدرج انخفاضا فى الزيت ثم فى الغاز الطبيعى. ومن ذلك أن احتراق ما يعادل طنا من البترول تحت ظروف معيارية متماثلة يتخلف عنه فى حالة الفحم نحو ١,٠٥ طن كربون، بينما يتخلف عن البترول ٠.٨٢ طن كربون، ويتخلف عن الغاز الطبيعى ٠,٦٣ طن كربون، وكما ذكرنا فإن الكربون يتأكسد عند انطلاقة إلى الجو بحيث يتحول طن الكربون إلى ما يعادل نحو ٣,٦٧ طن ثانى أكسيد الكربون.

ولا يعد ثانى أكسيد الكربون المسئول لوحده عن ظاهرة الاحتباس الحرارى بل هناك مجموعة غازات أخرى - تعرف بالمجموعة الحابسة للحرارة فى الهواء - وتعد هى الأخرى مسئولة عن الظاهرة وهى غازات بخار الماء والميثان وأكسيد النيتروجين وكلوروفلورو كربون والسوت Seot أو الهباء الجوى والدخان حيث أن هذه الغازات تظل منفذة شفافة لأشعة ضوء الشمس للأرض فى اتجاه واحد وليس العكس، بمعنى أن

الطاقة الحرارية المرتدة من الأرض لا تنفذ إلى الفضاء. وهناك دلائل ودراسات تؤكد زيادة فى تلك التركيزات للغازات الحابسة للحرارة، فغاز ثانى أكسيد الكربون بلغ تركيزة ٣٠٪ وغاز الميثان ١٠٪ - وهو الغاز الناتج عن بعض أنشطة الزراعة، مثل زراعة الأرز وتربية الحيوانات والمخلفات الحيوانية. كما أثبتت القياسات المسجلة إلى أنه خلال العشرين عاماً الأخيرة قد سجلت أقصى ارتفاع لدرجات الحرارة خلال القرن العشرين حيث سجل عام ١٩٩٨ أعلى ارتفاع لدرجة الحرارة لكوكب الأرض منذ بدء عمليات القياس عام ١٨٦٠.

واثبتت الدراسات كما أكد البحث العلمى على وجود ظاهرة «الاحتباس الحرارى» كظاهرة طبيعية معاصرة - بعدما كان يظن أنها فرضا علمياً أو حتى ضربا من الوهم - وقد توصل العلماء البريطانيون إلى اثبات أن الاحتباس الحرارى موجود بالفعل وكان ذلك بمثابة أول دليل علمى على وجود هذه الظاهرة كظاهرة طبيعية لها مكوناتها وعناصرها ومؤثراتها. وتم هذا الانجاز عبر تحديد الفوارق بين البيانات المستمدة من مرئيات الأقمار الاصطناعية عن الأرض والغلاف الجوى والتى تفصل بينهما مدة قدرها سبعة وعشرون عاماً حيث وجدوا أن أبرز هذه الفروق هو زيادة كمية الموجات الاشعاعية ذات الحزم المنشوريه، والتى تعد من الخواص المميزة لغازات ثانى أكسيد الكربون والميثان والأوزون وهى الزيادة التى تعد مسئولة عن تآكل طبقة الأوزون. كما أن هناك علاقة اضطرارية بين هذه الزيادة واحتباس حرارة الشمس داخل الغلاف الجوى. وقد أبدى العلماء حرصا شديداً على التأكد أولا من صحة البيانات المستقاة من المرئيات الفضائية وذلك بالجمع بين اسلوب المقارنة والملاحظة مع الحسابات بواسطة الحاسب الآلى، وكذلك من خلال استبعاد دور عوامل قد يظن أنها تفضى إلى نفس التأثير، مثل تراكم السحب. ولهذا أدركوا ضرورة التوصل إلى صياغة معادلة رياضية لحساب معامل انقشاع السحب، واعتمدوا فى ذلك على فصل قطاعات منشورية للاشعاعات طويلة الموجة والتى تنبعث من الأرض، واعداد وصف تحليلى لهذه القطاعات ثم تحويله إلى مجموعة من البيانات التى تشكل فيما بينها مقياسا موثوقا به بكمية الحرارة التى تتسرب من الأرض إلى الغلاف الجوى. وكمية الحرارة هذه تعد بدورها مؤشراً أساسياً لقياس كمية الغازات الحبيسة داخل الغلاف الجوى. وحرصا أيضاً على التأكد من صحة البيانات وسلامة قواعد القياس والمقارنة بين فترتين زمنيتين متناظرتين فصليا ومناخيا من الناحية النظرية (من ابريل حتى يونيو ١٩٧٠، ونفس الشهور الثلاثة من عام ١٩٩٧ لاقاليم تتميز بصفاء سمائها تماما) فقد نبه العلماء إلى أنه لا يصلح استنتاج أن درجة حرارة سطح الأرض آخذه فى الارتفاع هى الأخرى إذا

أن هناك احتمالا لأن تؤدى زيادة الاحتباس الحرارى داخل الغلاف الجوى إلى زيادة مناظرة أو موازية فى كمية السحب التى تقوم بدور العاكس للأشعة الشمسية وبالتالى تقلل من كمية حرارة الشمس التى تصل إلى سطح الأرض.

ومن المتوقع أن يؤدى التحقق من وجود ظاهرة الاحتباس الحرارى واثباتها استناداً إلى الملاحظة والتجربة على أسباب التغيرات التى تطرأ على حزم الاشعاعات طويلة الموجة التى تنبعث من الأرض ،أن السبب الأكبر هو كمية الغازات، وبالإضافة إلى ذلك فإن التوصل إلى الدليل على معرفة ظاهرة الاحتباس الحرارى عبر مقارنة بيانات المسح الفضائى يجعله خلوا من أى غموض، كما يؤدى إلى جانب انعكاساته على الجوانب البحثية والمعرفية إلى تعديل ملحوظ فى التوجهات الدولية بشأن التشريعات المتعلقة بالتحكم فى الانبعاثات الغازية إذ أن بعض الدول كانت تشير فى معرض عدم تحمسها لا نفاذ مثل هذه التشريعات إلى أن الاحتباس الحرارى لا يزال افتراضا يحتاج إلى اثبات وتأكيد، وذلك بناء على آراء بعض العلماء نحو ظاهرة الاحتباس الحرارى حيث أثبتوا أن وسائل قياس درجة حرارة الأرض تعود إلى نحو مائة عام وتفتقر إلى الدقة إذ أنها تشير إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض ٠.٥ درجة مئوية خلال السبعينيات من القرن العشرين، واعتقد العلماء أن الارتفاع سوف يستمر بالوتيرة نفسها، ولكن الوسائل الحديثة أثبتت أن الزيادة فى درجة الحرارة لا تتعدى ٠.١٣ درجة مئوية فقط كل عشرة أعوام. وبناء على ذلك فإنه يجب اعادة النظر فى ملاحظات وقياسات درجة حرارة الأرض إذ أن المعلومات المتاحة عن مقدار التغير فى درجة حرارة الأرض هى اذن معلومات غير صحيحة وتحتاج إلى اعادة تقييم حتى لا تكون ظاهرة الاحتباس الحرارى مجرد وهم مزعوم !!

النتائج المتوقعة للاحتباس الحراري

يمكن حصر النتائج المتوقعة لظاهرة الاحتباس الحرارى أو الاحترار العالمى فى تدفئة المحيطات وإذابة الجليد فى العروض القطبية، وتأثير ارتفاع درجة الحرارة على الزراعة وعملية التمثيل الضوئى للنبات، وانتقال النطاقات المناخية - الزراعية نحو القطب. وفيما يلى دراسة تفصيلية لكل من هذه النتائج المتوقعة على حدة.

(١) تدفئة المحيطات

من المعروف ان دفء الغلاف الجوى لا يدوم إلا اذا صاحبه دفء مماثل للطبقات العليا من مياه المحيطات. ومن هذه العلاقة سيؤدى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى الى العديد من الآثار منها: تقليل كمية الثلوج فى البحار والمحيطات،

ارتفاع فى منسوب سطح البحر، انطلاق ثانى أكسيد الكربون من المحيطات نحو الغلاف الجوى، تقليل الحركة التبادلية الرأسية فى مياه المحيطات، وأخيراً انتقال النظم البيئية البحرية بما تتضمنه من ثروة سمكية نحو القطب. هذا وسيؤدى تقليل كمية الثلوج فى البحار والمحيطات التى تقلل ظاهرة الالبيدو التى تؤدى بدورها الى مزيد من التدفئة وزيادة التساقط، ومن المحتمل ظهور مناطق ثلوج وجليد فى اتجاه القطب.

ويقدر أن الزيادة في متوسط درجة حرارة الألف متر العلوية من مياه البحار والمحيطات فى حدود ٥ م، ستؤدى الى رفع منسوب سطح البحر فى حدود متر واحد بسبب تمدد حجم المياه. كما ستؤدى مثل هذه الزيادة فى حرارة مياه البحار والمحيطات الى رفع الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون لهذه المياه بنحو ٣٠٪ وحتى يعود التوازن فى الضغط الجزئى لهذا الغاز بين المحيطات والغلاف الجوى - والذى من المحتمل أن يستغرق بضع سنوات قليلة - فأن كمية ثانى أكسيد الكربون فى الهواء سترتفع بنسبة ١٧٪. كما أن التدفئة المتوقعة للمنطقة القطبية ستؤثر فى معدل التهوية للمياه تحت السطحية. اذ ستتكون طبقة رقيقة من المياه الدافئة نسبياً فوق المياه العميقة الأبرد، ومن ثم تزداد الكثافة الطباقية الرأسية للمحيطات. وسيؤدى هذا بدوره الى منع المزج أو الخلط الرأسى وعمليات تقليب المياه مما يؤدى بالتالى الى تقليل معدل مصادر الغذاء لمياه المحيطات القريبة من السطح، ومن ثم تقل انتاجية النباتات البحرية. وستقل تبعاً لذلك كمية المواد العضوية الميتة التى تغوص من الطبقات السطحية الى المياه العميقة. وبالتالى سيقل معدل قدرة المياه العميقة على امتصاص ثانى أكسيد الكربون. ومن المتعارف عليه ان حرارة الغلاف الجوى ومياه المحيط القريبة من السطح ستزداد بدرجة أكبر فى العروض العليا عنها فى العروض الدنيا، وربما تتغير بشكل واضح دورة المياه العميقة والتغير الرأسى بين المياه العميقة والمياه القريبة من السطح نتيجة لتقليل أو حتى توقف الانقلاب الرأسى الحالى، وتوقف احلال المياه العميقة فى المحيط الأطلسى الشمالى.

وعلى ضوء الشواهد عن دفء المحيطات فى الفترات الماضية، فأن مساحات الجليد فى البحار والمحيطات فى العروض العليا ستقل بصورة جوهرية، ومن المحتمل أن يكون ذلك بدرجة كبيرة تسمح بفتح كلا من الممرات الشمالية الغربية والشمالية الشرقية للملاحة معظم أيام السنة. فقد أدى الارتفاع الطفيف فى متوسط درجة حرارة الهواء فوق نصف الأرض الشمالى والذى صحبه تدفئة مماثلة لطبقة المياه السحطية للمحيط اثناء العقود الأولى من القرن العشرين، الى انتقال واضح لمواقع بعض مصايد الاسماك التجارية الهامة وبصفة خاصة اسماك البكلاة الى الشمال نحو مياه كل من

جزيرتى جرينلند وشمال أيسلند. ومن ثم فأن تدفئة كبيرة غير عادية للغلاف الجوى ستؤدى بكل تأكيد الى أحداث آثار هامة على مواقع المصايد التجارية الهامة واتساع نطاقها الجغرافى. ونظراً لأن الكائنات العضوية البحرية المختلفة تختلف درجة استجابتها للتغيرات الحرارية فمن المتوقع أن تتدهور النظم البيئية البحرية بشكل خطير.

الآثار المتوقعة للتراكمات الجليدية القطبية

من المستحيل أن نتوقع بما يمكن أن يحدث للتراكمات الجليدية فى كل من جرينلند وانتاركتيكا (القارة القطبية الجنوبية) كنتيجة مباشرة لارتفاع بضع درجات معدودات فى متوسط درجة حرارة الهواء. ومع هذا فمن المسلم به أن درجة حرارة انتاركتيكا ستبقى دون درجة التجمد، ولهذا فمن المحتمل إلا يحدث انصهار للجليد عند سطحها أو بالقرب منها. بل ربما تؤدى مثل هذه التغيرات المناخية الى تزايد كمية تساقط الثلوج السنوية فوق كل من انتاركتيكا وجريتلند مما يؤدى بالتالى الى حدوث زيادة هائلة فى سمك الجليد فى هذه المناطق. وسيؤدى هذا بدوره الى زيادة الضغوط الأفقية على قاعدة التراكمات الجليدية مما يؤدى الى انزلاق كتل جليدية فى اتجاه البحار. ولو حدثت مثل هذه الانزلاقات بشكل يؤدى الى تدمير التراكم والجليدى فى غرب انتاركتيكا، فربما يؤدى هذا الى ارتفاع منسوب سطح البحر على مستوى العالم فى حدود ٥ أمتار خلال ثلاثة قرون.

(٢) الآثار المتوقعة للزراعة في العالم

يعتقد الكثير أن آثاراً أكثر بعداً ستصيب الزراعة - وهى الحرفة الاساسية للبشرية - نتيجة للتزايد الكبير فى كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. وعلى ضوء ذلك لا يمكن تحديد نوعية هذه الآثار تماماً ولو بصورة غير كمية. ومع هذا يمكن القول أن بعض الآثار المتوقعة والتى سيكون القليل منها مفيداً، بينما غالبيتها ستكون ضارة وذات طابع تدميرى. ويجب أن نأخذ فى الحسبان عوامل مؤثرة هى:

١- أثر ارتفاع مستوى ثانى أكسيد الكربون على عملية الايض عند النبات.

٢- ارتفاع متوسطات درجات الحرارة السنوية.

٣- الانتقال المكانى للأقاليم المناخية - الزراعية وخاصة فى أنماط التساقط فى الأقاليم المختلفة.

٤- احتمالات تزايد أو تناقص التذبذب المناخى من سنة لأخرى فى الأقاليم المختلفة.

٥- أثر زيادة كمية الغيوم المتوقعة على نمو المحاصيل.

(٢) الآثار المتوقعة لعملية التمثيل الضوئي

أصبح من المعروف وجود ارتباط بين زيادة كمية ثانى أكسيد الكربون فى الهواء وزيادة عملية التمثيل الضوئى عند النبات لانتاج المواد العضوية، مع افتراض توفر المتطلبات الآخرى اللازمة للنمو ممثلة فى المواد الغذائية - المياه وأشعة الشمس - بكميات كافية، وعلى أساس ألا يكون النبات واقعاً تحت ضغوط أو معوقات للنمو مثل الحرارة المنخفضة جدا أو المرتفعة جداً أو زيادة درجة حموضة التربة أو قلويتها أو نقص كمية الأوكسجين فى منطقة الجذور أو آية أمراض أو عوامل أخرى معوقة. ومن خلال التقنية الحديثة للزراعة، أصبح من الممكن أن نوفر مصادر كافية من المياه والمواد الغذائية الاساسيه والثانوية، كما أصبح من الممكن التخلص من معظم مسببات المعوقات السابقة. ولهذا يصبح ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى والاشعاع الشمسى والصفات الوراثية الكامنة لسلالات المحاصيل الزراعية هى العوامل المحدودة للانتاج الزراعى.

وقد تبين أنه فى ظل ظروف الزراعة العادية أن صافى انتاج التمثيل الضوئى ممثلا فى المواد العضوية التى تبقى بعد أن يكون النبات قد استخدم بعضا من انتاجه فى عملية التنفس، لا يزيد بنفس سرعة تزايد ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. أما بالنسبة للغلاف الحيوى الأرضى ككل فقد قدر عامل التناسب بحوالى ٣٠٪، ولكنه يمكن أن يكون أكبر من هذا بالنسبة للمحاصيل الزراعية وربما تضع الابحاث الزراعية والوراثية فى المستقبل هذا العامل فى حدود الواحد الصحيح أو بنسبة ١٠٠٪. ولكن من ناحية أخرى ربما تعمل بعض التغيرات الآخرى الناجمة عن ارتفاع ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فى الاتجاه المضاد فلو زاد معدل حرارة الهواء بشكل واضح تزداد بالمثل درجة تنفس النبات. ومن هنا ربما يقل صافى انتاج التمثيل الضوئى حتى مع ارتفاع حجم التمثيل الضوئى.

واذا ما ارتفعت نسبة مساحة الأرض المغطاة بالسحب فأن كمية الاشعاع الشمسى الداخلة ستقل بطبيعة الحال وبالتالى تتناقض كمية الطاقة المتاحة واللازمة للتمثيل الضوئى عند المحاصيل الزراعية. وقد تبين أن زيادة السحب أثناء الفصل الموسمى الممطر فى الهند وبنجلاديش قد قلل من عائد المحصول بالمقارنة مع العائد الذى أمكن الحصول عليه من نفس الحقل فى الشهور المشمسة فى الفترة من أكتوبر حتى مارس.

(٤) انتقال النطاقات المناخية - الزراعية في اتجاه القطب

قد يؤدى ارتفاع متوسط درجة حرارة العالم السنوية، والذى يزداد أكثر فى اتجاه العروض العليا من انتقال عام للنطاقات المناخية – الزراعية فى اتجاه القطب. ففى العروض العليا على سبيل المثال قد يطول فصل النمو الخالى من الصقيع بشكل أكبر مما هو قائم فى الوقت الحاضر مما يجعل فى الأمكان أن تمتد حدود الزراعة بصورة أكثر فى اتجاه الشمال فى نصف الأرض الشمالى. وفى نفسى الوقت ربما تصبح درجة حرارة الصيف فى العروض الوسطى مرتفعة لدرجة لا تساعد على تحقيق الانتاجية المثالية للمحاصيل التى تنمو حالياً فى هذه العروض – مثل الذرة وفول الصويا فى كل من ولاية ايوا والينوى وانديانا وميسورى بالولايات المتحدة الأمريكية – وربما يصبح من الضرورى فى هذه الحالة أن يتحرك نطاق الذرة فى أمريكا الشمالية فى اتجاه الشمال. ولكن تربة البودزل الحمضية التى تنتشر فى مساحات واسعة فى العروض العليا والتى تتعرض لعملية تصفية شديدة، ستحتاج الى وسائل تحسين مكثفة وكلفة لتقترب انتاجيتها من العائد الذى نحصل عليه الآن من التربات الجيدة فى نطاق الذرة الحالى.

كما يتوقع زيادة متوسط التساقط العالمى الذى يبدو لأول وهلة أنه مفيد للزراعة. ولكن يبدو أن اقتران هذا بارتفاع درجة الحرارة سيزيد من عملية التبخر – النتح فى الأراضى الزراعية مما يجعل بعض الفائدة لموارد المياه المضافة وربما كلها تفقد قيمتها تحت وطأة ارتفاع درجة الحرارة. هذا وربما يزيد معدل التبخر – النتح فى بعض الأقاليم عن معدل الزيادة فى كمية التساقط، وبعبارة أخرى فأن هذا يعنى أن معدل الزيادة فى التساقط لن يكون مفيداً.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الآثار الأكثر خطورة على الزراعة ستبرز ليس فقط من خلال التغيرات فى متوسطات الظروف المناخية العالمية ولكن من خلال انتقال مواقع الأقاليم المناخية وما يصاحب هذا من تغيرات فى طبيعة العلاقة القائمة بين الحرارة – التبخر – النتح، وموارد المياه والسحب، والتوازن الاشعاعى داخل الأقاليم. ومن المعروف أن أنماط الزراعة الحالية وتنوع المحاصيل والتقنية الزراعية فى المناطق المناخية المختلفة تعتمد ولا شك على جملة الخبرات المتراكمة على مدى سنوات عديدة من اختيار لسلالات المحاصيل الملائمة والأنواع المناخية لكل اقليم، ودرجة بين كل من النبات وبيئته الطبيعية فى تناسق مثالى بقدر الامكان. ولقد ظل هذا التكيف قائماً بصورة مرضية جداً مع التغيرات المناخية ذات المدى المحدود نسبياً والتى حدثت عبر التاريخ القديم. ولكن مع التغيرات الكبيرة المتوقعة فى العلاقات

المناخية داخل الاقاليم تلك التى ربما تحدث نتيجة لتزايد كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فى حدود الضعف أو ربما أربعة أضعاف، سيتطلب الأمر بالحتم زيادة القدرة التكيفية لسلالات المحاصيل التى تنمو فى الوقت الحاضر.

ويمكن من خلال الدراسات المناخية القديمة أن نتصور مدى التغيرات الاقليمية المتوقعة فى العلاقات بين الحرارة - التساقط التى يمكن أن تحدث ولو بمعدل انحراف بسيط عن متوسط درجة الحرارة العالمية. ففى اثناء ما يسمى بالمناخ المثالى على سبيل المثال، والذى استمر قرابة عدة الآف من السنين مضت، وعندما كان متوسط درجة الحرارة العالمية ربما أعلى بمقدار درجة مئوية ونصف عن الوقت الحاضر كان التساقط فوق جنوب أوربا وشمال أفريقيا وجنوب الهند وشرق الصين أكثر مما هو قائم فى الوقت الحاضر، بينما كان المناخ أجف نسبيا فوق مساحات كبيرة من الولايات المتحدة وكندا واسكنديناوة.

ومع هذا فأننا لا نتوقع بكل بساطة أن تكون الزيادة الكبيرة فى ثانى أكسيد الكربون، نسخة طبق الأصل للتغيرات المناخية الماضية، اذ ستختلف آثار ثانى أكسيد الكربون المضاف على سبيل المثال على المستوى الفصلى وعلى المستوى المكانى بالنسبة لدوائر العرض بعكس الآثار التى تنجم عن التغير العالمى فى درجة الاشعاع الشمسى الداخل.

ولما كان كل من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون يمتص الطاقة تحت الحمراء ويعيدأ اشعاعها مرة ثانية فأن تأثير ثانى أكسيد الكربون المضاف سيكون أكثر أهمية نسبياً فى المناطق ذات الهواء الجاف فى العروض العليا، وفى طبقة التروبوسفير العليا وطبقة الاستراتوسفير العليا عن المناطق ذات الهواء الرطب فى المناطق المدارية. وبالمثل نظراً لأن الرطوبة النسبية فى فصل الشتاء تقل عن فصل الصيف، فأن تأثير ثانى أكسيد الكربون المضاف سيكون أكثر خطورة فى شهور الشتاء عنه فى شهور الصيف.

وتقترح الدراسات الناصة بالاكسجين والنسب المناظرة لثانى أكسيد الكربون فى أعماق البحار، أن ارتفاع درجة حرارة المناخ ربما ترجع الى الزيادة المؤقتة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى نتيجة للتغيرات فى دورة المحيطات التى تعقب انصهار القلنسوات الجليدية. ولو أمكن اثبات صحة هذه الفرضية فأن دراسات عن المناخ فى العصور القديمة للكشف عن الاختلافات الفصلية فى العلاقة بين الحرارة والتساقط أثناء فترة المناخ المثالية سوف تمدنا برؤية ذات أهمية كبيرة عن الآثار المستقبلة لتزايد كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى.

اجراءات مكافحة الاحتباس الحراري (الاحترار العالمي)

يمكن أن نتصور نوعين من الاجراءات المضادة لمواجهة النتائج المناخية المتوقعة نتيجة لثانى أكسيد الكربون المضاف هى: اجراءات تختص بالتقليل من التغيرات المناخية المتوقعة نفسها، واجراءات تختص بتقليل آثارها على حياة الانسان. فيما يختص بالفئة الأولى من الاجراءات فأنه من الممكن أن نتصور الوسائل التى يمكن أن تعيد التوازن الاشعاعى الأرضى والذى يفقد توازنه نتيجة اضافة المزيد من ثانى أكسيد الكربون، أو وسائل التخلص من ثانى أكسيد الكربون المضاف فى الهواء. أما فيما يختص بالفئة الثانية فهى تهتم أساسا بالوسائل الكفيلة بزيادة نشاط ومرونة أنماط مصادر الغذاء العالمى. وسوف نبدأ بمناقشة هذه النقطة الاخيرة لأنها لا تتضمن مشكلات كثيرة، وتقع الى حد كبير فى حدود امكانيات التكنولوجيا الحالية.

تحسين أنماط مصادر الغذاء

تحدد الأقاليم الجافة وشبه الجافة من وجهة النظر الزراعية بأنها الاقاليم التى تقل فيها المياه بدرجة لا تسمح بانتاج المحاصيل ويصبح الرى الاصطناعى الوسيلة التقليدية ويظل أكثر الوسائل العلمية علاجا لهذه الظاهرة. وتتم هذه العملية بنقل المياه من الأقاليم الجبلية والتلية أو المناطق الرطبة حيث تزيد فيها كمية المياه عن حاجة الزراعة الى المناطق الجافة وشبه الجافة التى تكون فى أمس الحاجة إليها. ولما كانت موارد المياه غالباً ما تتذبذب على نطاق واسع من فصل الى فصل ومن سنة لأخرى، فأن المياه عادة ما تخزن اثناء الفترات الرطبة فى مجموعة من الخزانات السطحية أو الخزانات الأرضية (تحت السطح) لتستخدم أثناء الفترات الجافة حيث يصبح الرى ضرورة حتمية.

ويعد ضمان استقرار موارد مياه الرى من خلال تخزينها وتوفير الكمية المطلوبة من خلال نقلها من مصادرها بمثابة القواعد الاساسية لزراعة أكثر تحديثا وأعلى عائداً وبصفة خاصة فى المناطق شبه الجافة فى العروض شبه المدارية. ولكى تستمر الفائدة من توفير مياه الرى. فأن تطوير نظام الرى يجب أن يصاحبه تقريباً تطور متوازن فيما يختص بالتسهيلات فى عملية الصرف وليس ثمة شك أن مثل هذا التطوير الذى يجمع بين كل من وسائل الرى والصرف معا يتطلب بالضرورة استثمارات مالية ضخمة فى حدود تتراوح بين ٥٠٠ الى ١٠٠٠ دولار لكل هكتار (الهكتار ٠.٠١ كيلومتر مربع = ٢.٤٧١ فدان)، فاذا أخذنا الهند على سبيل المثال، فقد قدرت تكاليف التطوير الكامل لنظام الرى بما يخدم حوالى ٥٠ مليون هكتار من الأراضى القابلة

للرى بنحو ٥٠ ألف مليون دولار. ويمكن أن يؤدى هذا التطوير الى زيادة سنوية فى انتاج المحاصيل تتقدر كمياتها بمئات الملايين من اطنان الحبوب الغذائية وتتراوح قيمتها بين ٢٠ - ٤٠ ألف مليون دولار.

ومما له أهمية خاصة بالنسبة للأقاليم الجافة وشبه الجافة هو كيف تقاوم الأثار المصاحبة للزيادة المحتملة فى طول فترة التذبذب المناخى قصيرة المدى ولتحقيق هذا الهدف فنحن فى حاجة الى خزانات كبيرة سواء ما كان منها فوق السطح أمام السدود، أو تحت السطح فيما يسمى بالخزانات الأرضية. وعادة ما يفضل فى هذه المناطق التخزين الأراضى (التحتى) طالما كان هذا ممكنا.

كما اننا فى حاجة بدرجة متوازنة مع حجم المشكلة الى اجراء بحث دقيق وتخطيط واستثمارات مائية لتطوير وسائل صيانة المياه. وتقدر على ضوء الطرق الحالية المستخدمة فى ادارة مياه الحقول فى الدول النامية أن حوالى ثلث موارد مياه الرى فقط هى التى تستخدم بكفاءة. ولهذا نستطيع أن نحقق من خلال تحسين طرق ادارة المياه وفى معظم الحالات بإدخال طرق رى جديدة وفراً كبيراً فى مياه الرى. كما يعد ادخال محاصيل مقتصدة للمياه أكثر فائدة فى معظم هذه المناطق: نذكر من هذه المحاصيل على سبيل المثال تلك التى تنمو اثناء الفصل الذى تقل فيه درجة التبخر - النتح الى الحد الأدنى، وكذلك ادخال سلالات المحاصيل التى تنمو فى أقصر فصل نمو ممكن. وعلى آية حال يكون استخدام سلالات المحاصيل ذات العائد المرتفع أحسن وسيلة لتوفير المياه. اذ لا نكاد نحس بحاجة لمزيد من المياه لرى سلالات القمح أو الذرة التى تعطى عائداً يتراوح بين ٣-٤ أطنان بالقياس مع تلك السلالات التى تعطى عائداً أقل من طن واحد.

كما يمكن أن نقلل كثيراً من أخطار التذبذبات المناخية قصيرة المدى عى موارد الغذاء على المستوى العالمى والاقليمى بصيانة وتوفير احتياطيات الغذاء. ويقدر مثل هذا الاحتياطى، على المدى العالمى، وفى ظل النظام المناخى الحالى، بنحو ٥٪ من متوسط الانتاج العالمى. وقد بنى هذا التقدير على أساس أن الزيادة أو النقص فى انتاج الحبوب الغذائية على مدى فترات لسنوات عديدة وعلى ضوء الطلب العالمى قد بلغ حوالى ٥٪ من متوسط المحصول السنوى. يستهدف هذا الاحتياطى الغذائى بهذه الكمية اساساً تثبيت اسعار المواد الغذائية الاساسية لكل من الفلاح والمستهلك.

ولما كان الغذاء من المتطلبات الاساسية للحياة البشرية، فأن الطلب عليه لا يتصف بالمرونة اذا ما ربطناه بالاسعار، وهذا يعنى أنه لا يمكن أن نزيد موارد الغذاء

بسرعة كاستجابة تلقائية لارتفاع الاسعار. اذ تظهر الخبرة أن أسعار الغذاء ربما ترتفع أو تنخفض بمعدل قد يبلغ عدة مئات فى المائة اذا ما تناقص الانتاج أو تزايد عن الطلب ولو بنسب قليلة.

وسائل مقاومة التغير في التوازن الاشعاعي

تعد زيادة الالبيدو أو درجة الانعكاسية للأرض احدى الوسائل التى يمكن أن تقاوم بها الآثار المناخية عن اضافة المزيد من ثانى أكسيد الكربون فى الهواء وبالتالى نقلل من كمية الاشعاع الشمسى الداخل. ولكن يبدو أنه ليس هناك فى الوقت الحاضر وسائل متاحة معقولة وموثوق بها تمكننا من تحقيق مثل هذه الزيادة.

ومن الوسائل الممكنة لزيادة الالبيدو لمواجهة هذه الزيادة المضافة فى ثانى أكسيد الكربون ربما يكون بنثر ذرات صغيرة عاكسة فوق مساحات كبيرة من أسطح البحار والمحيطات. وحتى نقلل من التكاليف ونحقق زيادة مفعول مثل هذا الاجراء، فأنه يتطلب أن تكون كثافة هذه الذرات قريبة من كثافة مياه البحر وأن تكون لديها القدرة من الناحية الكيميائية على البقاء لفترات تمتد لعدة شهور. ومن المواد التى اقترحت لتحقيق هذا الاجراء صفائح رقيقة جدا من اللدائن. ويقدر أنه لو كان سمك هذه الصفائح يبلغ ٠,٠١ ملليمتر فأن تغطية كل كيلو متر مربع تحتاج الى ١٠ طن أو حوالى ٥٠ مليون طن لمساحة تبلغ ٥ مليون كيلو متراً مربعاً، أى حوالى ١ ٪ فقط من مجموع مساحة سطح كوكب الأرض. واذا كان انتاج كل طن يتكلف ١٠٠ دولار فأن جملة التكلفة لهذه المساحة السابقة ستصل الى حوالى ٥ ألاف مليون دولار كل سنة - أى حوالى ٠,٢ ٪ من جملة الانفاق العالمى الذى سيتم خلال القرن الحالى (القرن الحادى والعشرين). ولكن مثل هذا المشروع قد تنجم عنه بعض المثالب التى ربما لا نستطيع أن نتغلب عليها. اذ قد تتجمع المواد المنثورة فى نهاية الأمر على طول خطوط السواحل العالمية محدثه نتائج بيئية غير مقبولة، بل وربما يكون أثرها على مصايد الاسماك قاسياً وضاراً بشدة.

وتتمثل بعض الأجراءات المضادة والتى تختلف تماماً عما سبقها فى خزن ثانى أكسيد الكربون المضاف فى الغلاف الحوى الأرضى. ويقدر حجم الكربون العضوى فى الغلاف الحيوى الحالى بأربعة أمثال حجمه فى الغلاف الجوى. وربما يكون ربع هذا الحجم فى جذور وجذوع وأغصان وأوراق الاشجار الحية، بينما يتركز الباقى فى دوبال التربة أو فى المواد العضوية الميتة فى البحيرات والمستنقعات والأراضى الرطبة.

فالغابات - كأحد مخازن ثانى أكسيد الكربون - تغطى الان حوالى ٥٠ مليون كيلو متراً مربعاً أى حوالى ثلث مساحة سطح اليابس. ويقدر أنه لو أمكن مضاعفة هذه المساحة أو مضاعفة كثافة الاشجار الحية فى المساحة الحالية، فأنها تستطيع خزن حوالى ٧٠٠ الف مليون طن من الكربون - أى حوالى $\frac{١}{٧}$ الكربون الموجود فى الوقود الحفرى، ولكنه يتراوح ما بين $\frac{١}{٣}$ الى $\frac{١}{٦}$ الكربون الذى ربما يضاف الى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى. وإذا كان لمثل هذه الزيادة فى كمية الغابات أثر هام فى تعديل المناخ إلا أنه من الصعب جداً انجازها على مدى مئات السنين وهو المدى الزمنى الذى نأخذه فى الحسبان. اذا سيصبح مطلوبا احداث تغيرات اساسية فى طرق استخدام الأرض وكذلك فى التنظيمات السياسية والاجتماعية فى العالم اذ على ضوء استمرار معدلات النمو السكانى الحالية واحتياجاتهم الاقتصادية واستمرار الحاجة لمزيد من الغذاء والوقود والاخشاب، فأن الاتجاهات الحالية فى استخدام الأرض تسير بالضبط فى خط معاكس تماما بما يكثف من حدة المشكلة طالما أن الغابات لا تزال تقطع للوقود وصناعة الخشب وتطهر الأراضى من غطائها النباتى من أجل الزراعة.

وإذا كان من الممكن زيادة حجم المواد الحية (الاشجار) فى الغابات فأنه على ضوء التكنولوجيا المتاحة فى الوقت الحاضر، تصعب زيادة دوبال التربة والمواد العضوية الميتة الأخرى. ويقترح فى هذا المجال لو أنه أمكن زراعة الاشجار فى مزارع واسعة مستخدمين فى ذلك وسائل الرى والتسميد واذا أمكن صيانتها ضد النعطن، فأننا يمكن أن نتخلص من كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون التى تطلق فى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى. ولكن يبدو واضحاً أنه لو تمت زراعة كميات كبيرة من المواد العضوية وتم جمعها فأنها تخلق احساسا كبيراً بضرورة استخدامها كمصدر طاقة بديل للوقود الحفرى. ولو حدث هذا فأن دورة ثانى أكسيد الكربون سيعاد تنظيمها بسهولة بين الغلاف الجوى والغلاف الحيوى وسيقل صافى الاضافة فى ثانى أكسيد الكربون الى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى على الأقل بما يعادل كمية الطاقة النباتية التى حلت محل الفحم والبترول والغاز الطبيعى.

ومن هنا يتبين أن أى محاولة لتقليل أثر اضافة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى على المناخ ستكون صعبة جدا خاصة وأن مثل هذا الجهد سيتطلب بالضرورة الاستمرار على مدى الالف سنة القادمة، وقد لا يكون لمثل هذا الجهد نتائج مقبولة. ومن ناحية اخرى اذا كان تقليل الآثار المناخية على الشئون البشرية أمراً ممكنا

ومرغوباً فيه من وجهات نظر أخرى غير التغير المناخى فأن مثل هذا الأمر يحتاج الى جهد كبير من التخطيط والبحث والاستثمار على النطاق العالمى وبصورة لم يسبق لها مثيل.

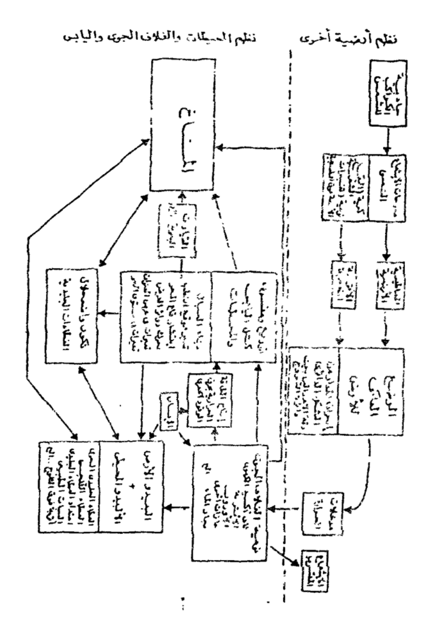
ومن هنا تبرز أهمية زيادة الاعتماد على المصادر المتجددة، التى يصاحبها عادة تقليل حمولة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، كبديل أكثر فاعلية ضمن مجموعة الاجراءات المضادة.

ويتنبأ تقرير الاكاديمية القومية للعلوم فى الولايات المتحدة الأمريكية بأنه لو استمر العالم فى الاعتماد على الوقود الحفرى لسد احتياجاته من الطاقة على مدى القرنين القادمين فأن قمة لتركز ثانى أكسيد الكربون بمعدل يتراوح بين ٤ إلى ٨ أمثال المستوى الذى كان قائماً قبل الانقلاب الصناعى سوف تحدث فى الفترة ما بين ٢١٥٠ - ٢٢٠٠ م. وتتنبأ النماذج المناخية الخاصة بالدورة العامة للغلاف الجوى بأن كل مضاعفة فى كمية ثانى أكسيد الكربون ستؤدى إلى ارتفاع متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى بما يتراوح بين ٢ْ، ٣ْ م. ولهذا يتوقع حدوث زيادة فى متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى فى حدود ٦ْم اذا ما أثبتت النماذج المتاحة دقتها.

أن تورط البشرية فى رفع درجة الحرارة عند منسوب سطح البحر وفى مصائد الاسماك وفى المناطق الزراعية والمناطق الصحراوية سوف تكون - فى حالة صحة ما سبق - من الخطورة بما سيجعل الانسان مضطراً الى نبذ استعمال الوقود الحفرى والتوسع فى استعمال مصادر وقود أخرى مثل المصادر المتجددة. وتتبلور التوصية الرئيسية للعمل فى هذه المرحلة على تنظيم برنامج بحث شامل وعلى نطاق العالم ليسهم فى وضع الحلول العملية للمشكلات الصعبة التى لم يتأكد حلها بعد والتى لا تزال تختص بالمناخ ودورة الكربون والتغيرات المستقبلية للسكان وموارد الغذاء العالمية.

ثانياً: ظاهرة التغيرات المناخية

لقد اثير فى الآونة الأخيرة جدل كبير حول أسباب التغيرات المناخية التى تمثل أساس التغيرات البيئية مثل تلك الخاصة بتغير مستوى سطح البحر وما يتبعها من آثار ونتائج ضارة بالحياة البشرية. وتهدف الدراسة فى هذا الجزء إلى تلخيص بعض الآراء والفروض الرئيسية التى طرحت من قبل لتأكيد تباين وتنوع العوامل المسئولة والمسببة للتغيرات المناخية، كما ترمى إلى بيان الشكوك التى مازالت تحوم حول هذه الآراء والفروض التى تفسر هذه التغيرات. هذا بالاضافة إلى القاء الضوء على مفعول هذه التغيرات وأهم النتائج البيئية الناجمة عنها.



(شكل رقم: ١٠-١) : رسم توضيحي لبعض العوامل التي قد تؤدي إلي التغير المناخي

ويوضح الشكل (رقم ١٠-١) مجموع العوامل التى يمكن الاعتماد عليها فى آية محاولة لتفسير التغيرات المناخية. ويبدأ هذا الشكل الانسيابى بالحالات التى تكون فيها طاقة الاشعاع الشمسى التى يكتسبها أو يعكسها الغلاف الجوى للأرض متذبذبة وغير مستقرة. ولأسباب منها اختلاف قوى الجذب التى تمارسها مجموعة الكواكب على الشمس قد تؤدى تغير نوعية ومقدار الاشعاع الشمسى المرتد، كما يتأثر وصول هذا الاشعاع إلى الغلاف الجوى للأرض بوضع وموقع الأرض النسبى (أى دوران الأرض

حول الشمس وميل محور الأرض) وعوامل آخرى مثل نقاء الجو وصفائه (أى من حيث وجود أو عدم وجود الغبار والاتربة المنتشرة فى الفضاء ما بين النجوم)، وبمجرد أن يصل الاشعاع الشمسى الوارد إلى الغلاف الجوى فإن مروره (أو مساره) إلى سطح الأرض تتحكم فيه الغازات والرطوبة الجوية والجزئيات الدقيقة العالقة بالجو سواء كانت من نتاج الطبيعة أو متخلفة عن نشاط الانسان. وعلى سطح الأرض فان الاشعاع الوارد إليه يمتص أو ينعكس إلى الجو مرة أخرى تبعاً لطبيعة السطح (ظاهرة الالبيدو)، كما أن تأثير الاشعاع الشمسى على المناخ يتوقف على توزيع ارتفاع اليابس والماء، وكلاهما معرض أيضا للتغير بطرق شتى - فالمناطق القارية تتحرك إلى أو من المناطق التى قد تتجمع فيها الغطاءات الجليدية، وقد ترتفع أو تنخفض النطاقات الجبلية فتؤثر على نطاقات حركة الهواء (الرياح) العامة والدائمة والمناخات المحلية، كما أن نسق التيارات المحيطية ذات التأثير المناخى الكبير قد يتحكم فيه عمق واتساع البحار والمحيطات والقنوات المائية. والوضع إذن فى غاية التعقيد كما يبدو من الشكل الانسيابى (شكل رقم: ١-١٠) نتيجة وجود العديد من حلقات التغذية الاسترجاعية التغذية أو الارتدادية المتباينة خلال أنساق: المحيط - الغلاف الجوى - يابس الأرض وفيما بينها جميعاً.

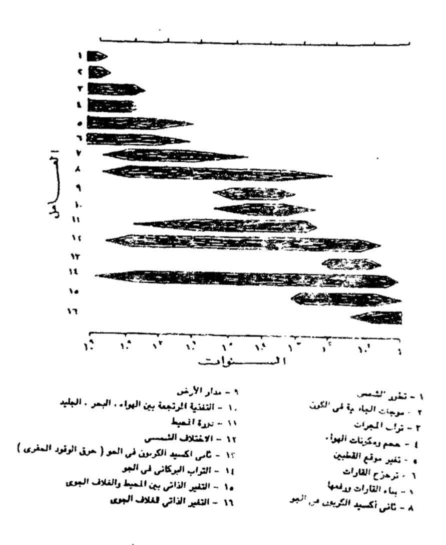
وتجدر الاشارة هنا إلى أن العوامل المسببة والباعثة للتغيرات المناخية تعمل على مدى زمنى واسع ذو مقاييس زمنية متباينة إلى حد أنه يمكن أن تكون بعض هذه العوامل أكثر ملائمة من عوامل أخرى عند تفسير تغير المناخ فى فترات زمنية معينة. ويوضح الشكل رقم (٢-١٠) محاولة اظهار ذلك بيانياً.

نظريات تفسير التغيرات المناخية

طرحت بعض الآراء والفروض أو النظريات لتأكيد العوامل المسئولة والمسببة للتغيرات المناخية. وسوف نناقش على الصفحات التالية كل نظرية منها بشئ من التفصيل.

أولاً: نظريات الاشعاع الشمسي

بالنظر مرة أخرى إلى الشكل الإنسيابى (شكل رقم: ١-١٠) يتضح أن التغيرات فى الاشعاع المرتد قدل تؤدى إلى تغيرات جوهرية فيما يصل سطح الأرض واكتسابه من اشعاع شمسى. وبطبيعة الحال فإنه من المسلم به أن الاشعاع الشمسى المكتسب يتغير فى كميته - نتيجة ارتباطه وتلازمه بظاهرة البقع الشمسية مثلا - كما يتغير فى نوعيته من خلال التغيرات فى مدى الأشعة فوق البنفسجية للطيف الشمسى.



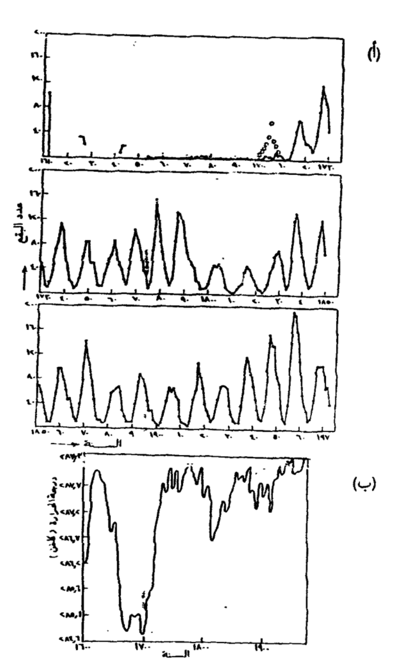
(شكل رقم: ٢ - ١٠): العوامل المحتمل تأثيرها

علي تغير المناخ ومدي المقياس الزمني المتوقع للتغير

وقد اتفق كثير من الباحثين على دورات قصيرة الفترة لنشاط وفاعليه الاشعاع برز منها بصفة خاصة دورات قد تكون كل ١١ أو ١٢ سنة. كما اقترحت دورات لحدوث البقع الشمسية تتراوح أطوال فتراتها من ٨٠ أو ٩٠ سنة. وقد لاحظ بعض الباحثين أن هناك ارتباطا بين نشاط البقع الشمسية وكمية الأمطار ومستوى البحيرات في شرق أفريقيا، ورغم هذا ففي بعض الأحيان ينهار هذا الارتباط ويتوقف تأثيره فجأة بينما لا يكون للارتباطات الأخرى أية دلالة احصائية. وعلى الرغم من ذلك فقد ظهر أن لبعض الارتباطات الأكثر دلالة قيمة استدلالية استنتاجية في التنبؤ. فعلى سبيل المثال قام سترونجفلو سنة ١٩٧٤ (Strongfellow, 1974) بتوقيع المتوسط المتحرك لكل خمس سنوات لحدوث عواصف البرق في بريطانيا مقابل المتوسط السنوي لعدد البقع الشمسية فيما بين ١٩٣٠ ، ١٩٧٣ فوجد أن هناك ارتباطاً طردياً

قدره + ٠.٨٠ وبناء على ذلك فقد توصل إلى أن الدورة تبلغ فترتها ١١ عاماً للتغيرات الدورية بين هاتين الظاهرتين مع تناقص عواصف البرق إلى أدنى عدد لها حول سنة ١٩٧٣ . كما وجد أن عواصف البرق تعد أحد الاسباب الطبيعية الرئيسية فى فشل انتقال الطاقة الكهربائية فى المملكة المتحدة. ومثل هذه العلاقة قد تساعد المؤسسات الكهرباذية أو الجهات المسئولة عن تخطيط خدمات الصيانة اللازمة. وعلى مستوى أقل أهمية وخطورة فقد وجد أن هناك ارتباطاً جيداً بين نشاط البقع الشمسية ونتائج ومنجزات المباريات الرياضية. فد توصلت كنج (King. 1973) إلى أن البيانات التى يحتويها كتاب Wisden يمكن الاستفادة بها فى توضيح أنه من بين ٢٨ مباراة للكريكت فى انجلترا سجل فيها اللعبون ٣٠٠٠ شوطا فى أحد المواسم، كان هناك ١٦ مباراة فى سنوات تميزت بنشاط للبقع الشمسية وصل إلى ذروته أو إلى حضيضه حلالها، وفى الخمس سنوات التى حدثت فيها هذه الظاهرة النادرة أكثر من مرة كانت سنوات تميزت بأوج أو بأدنى نشاط للبقع الشمسية. وبالمثل فإنه من بين ١٥ مباراة كانت هناك ١٣ مباراة استطاع ضارب الكرة أن يسجل ١٣ مجموعة كل منها يتألف من ١٠٠ ضربة أو أكثر فى أحد المواسم الذى امتدت فترته لمدة سنة أو كان خلال سنة تميزت بأوج أو بأدنى نشاط للبقع الشمسية. وبناء عليه نجد أن مباريات الكريكت المميزة قد حدثت فى فترات نادرة أو شاذة من الطقس لا تحدث إلا إذا كانت دوره نشاط البقع الشمسية فى حالتها القصوى أو الدنيا.

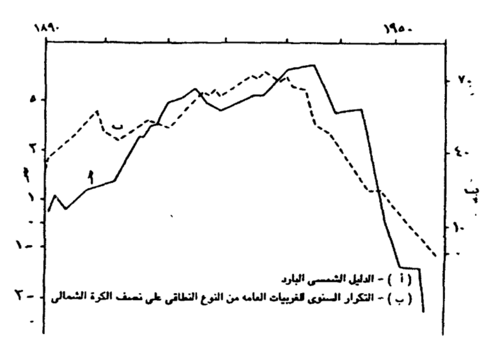
وبالرغم من تعرض دور التغيرات فى النشاط الشمسى لكثير من البحث والتدقيق كما أنها هوجمت كثيراً خاصة فيما يتعلق بدورات هذه التغيرات. فقد وجدت ارتباطات قوية ملفتة للنظر بين تغيرات النشاط الشمس وبعض الخصائص الرئيسية للدورة الهوائية العامة. ويوضح الشكل (رقم: ٣-١٠) على سبيل المثال تشابها واضحاً فى الاتجاه العام لمعامل بور Baur الشمسى (شكل رقم: ٤ - ١٠) والتكرار السنوى لنوع طقس أقاليم الرياح الغربية فى نصف الأرض الشمالى، اذ يلاحظ زيادة عامة فى كل من العاملين من أواخر القرن التاسع عشر (من عام ١٨٩٠) حتى الثلاثينيات من القرن العشرين الماضيين، ثم يليه انخفاض أو نقص سريع فيهما فى سنوات العقد السادس من القرن العشرين المنصرم. ويشير هذا إلى أن بعضا من التغيرات المناخية فى القرن العشرين الماضى يمكن أن نعزوه إلى تغير أو مردود الطاقة الشمسية كما قد تكون هناك عوامل أخرى لها أهميتها فى حدوث التغير المناخى الحالى.



(شكل رقم، ٢ - ١٠) المتوسط السنوي لعدد البقع الشمسية منذ عام ١٦٠٠ وحتي عام ١٩٧٢
(أ) ومنحني درجة الحرارة للأرض خلال الفترة السابقة (ب)

وعلى مقياس زمنى طويل يكون من الصعوبة بمكان القول أن ناتج الشمس من الاشعاع قد تغير بما فيه الكفاية حتى يكون له تأثير على مناخ الأرض وذلك لنقص الأدلة الجوهرية لتفسير ذلك، ومع ذلك فإن هذا افتراض محتمل وله ما يؤيده، وبعض الأدلة التى تؤيده تأتى من دراسات عن التذبذب فى تركيز عنصر الكربون ١٤

(C14) الجوى والذى يعتمد بدوره جزئيا على التغير فى انبعاث الاشعاع الشمسى حيث يتبين أن مستويات عنصر كربون ١٤ قد تذبذبت خلال عهد الهولوسين. وقد حاول دنتون وكارلين عام ١٩٧٣ (Denton and Karlen, 1973) أن يبرهنا على أن الفترات التى يزداد فيها نشاط كربون ١٤ تتعاصر مع فترات الانكماش الجليدى. وبالمثل أقترح براى عام ١٩٧٠ (Bray, 1970) أن جليد الهولوسين أظهر نزعة إلى تكرار حدوث فترات نظامية أو دورات مدة كل منها ٢٦٠٠ سنة. وأن تواليا عدديا يبدأ بإثنين وعشرين سنة (دورة بقعة شمسية كاملة) وأول دور من أربعة تكون تتابع أو توالى ٨٨٤٤٠ ، ٢٦٤٠ سنة. هذا إلى جانب أن البعض الآخر من الباحثين استخدم التحليل الطيفى لعينات من اللب (القلب) الجليدى من منطقة Camp Century فى جرينلند، تبين منها وجود دورات طويلة منتظمة تشابه فتراتها تماما تلك التى أشار اليها براى ٧٨، ١٨١، ٤٠٠، ٢٤٠٠ سنة ويعود وجودها أيضا إلى تغير النشاط الشمسى.



(شكل رقم:٤-١٠): منحنيات بور Baur الشمسية

ولازال الغموض يخيم على الأسباب التى تؤدى إلى التغير فى النشاط الشمسى بسبب عدم الفهم الكامل لتلك الأسباب. ولكن هناك احتمال أن يكون سبب التغير فى الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى سطح الأرض هو وجود سحب من الذرات الدقيقة فيما بين النجوم (سحب سديمية Nebulae) والتى قد تمر الأرض من خلالها من وقت

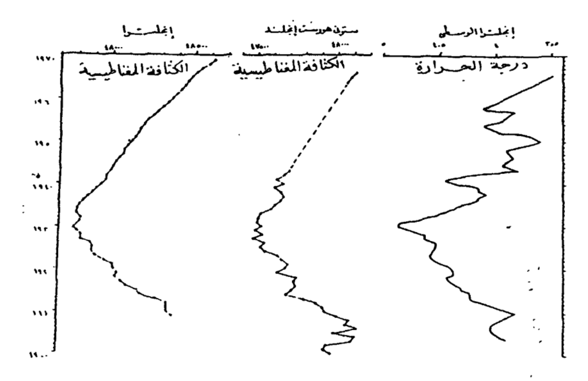
لآخر أو قد توجد فيما بين الأرض والشمس تدخل فيها الأرض أثناء حركتها حول الشمس. ويكون من نتيجة ذلك تناقص مقدار الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى سطح الأرض. وبالمثل فإن مرور المجموعة الشمسية خلال ممر ترابى على هامش ذراع لولبى من مجرة طريق التبانة (الطريق اللبنى) قد يسبب تغايرا مؤقتا فى الاشعاع المنبعث من الشمس مما يؤدى إلى حدوث فترة جليدية على سطح الأرض.

وهناك سبب آخر يفسر التغير فى الاشعاع الشمسى اقترحه أوبك عام ١٩٥٨ (Opik, 1958) ، وإن كان لا يمكن أن نؤيد أو نرفض هذا السبب فى الوقت الراهن، ويقترح الدورة النظرية الآتية للنشاط الاشعاعى الشمسى: تبدأ هذه الدورة بوجود وضع عادى لنوع النشاط المسئول عن المناخات الدفيئة نسبياً عى سطح الأرض. وبمرور الوقت فإن المواد المعدنية التى تنشر الحرارة ببطئ تتخلف فى الجو كنتيجة لانتشار الهيدروجين من الوشاح الشمسى إلى نواتها. وتتراكم هذه المواد المعدنية لتكوين حاجزا يمنع الاشعاع من النواة ويحافظ على استمرار حالة من الثبات والاستقرار وما لذلك من إثر على تقلص الشمس وانكماش نشاطها. ومع ذلك، فعندما يسخن حاجز المواد المعدنية ويصبح اشعاعى النشاط تتولد تيارات الحمل وتتضخم نواة الشمس، ويعمل هذا كله على زيادة كمية الهيدروجين التى تزيد بدورها انتاج الطاقة وانتاج الحرارة بشكل لا يمكن نقله على نحو كاف أو ملائم إلى السطح. ولهذا يتمدد جسم الشمس. ومع تمدد الشمس وأثناء التزايد تستهلك الطاقة ومن ثم تتناقص الحرارة والضوء المنبعثين من الشمس كما يقل بالتالى الاشعاع مما يؤدى إلى زيادة البرودة على الأرض. ومع ذلك فإن تمدد جسم الشمس يعمل من جهة أخرى على انخفاض درجة حرارة النواة ونقص كمية الطاقة الناجمة عنها ومن ثم تنكمش النواة، وفى آخر الأمر تعود الشمس إلى سيرتها الأولى ووضعها العادى فتبعث بدفئها النسبى ورفع درجة الحرارة نسبياً على سطح الأرض.

ثانياً: التغير المناخي والاختلاف في المغناطيسية الأرضية

بدأت فى العقود الأخيرة دراسات عديدة تبحث فى العلاقة بين التغيرات فى قوة أو شدة المجال المغناطيسى الأرضى والتغيرات المناخية. وعلى الرغم من أن هذه الدراسات مازالت فى مراحلها المبكرة إلا أنها أثبتت وجود بعض العلاقات الوطيدة بين درجات الحرارة والقوة المغناطيسية التى أمكن التوصل إليها على مدى يتراوح بين ١٠ سنوات، ١,٢ مليون سنة. فعلى سبيل المثال توصل وولين ورفقاؤه فى عامى ١٩٧١ و ١٩٧٣ (Wollin et. al., 1971, 1973) أنه خلال الفترة من ١٩٢٥ إلى ١٩٧٠ تناقصت القوة المغناطيسية فى أماكن رصدها وملاحظتها فى المكسيك وكندا والولايات

المتحدة الأمريكية، وفى نفس الوقت ارتفعت درجة الحرارة. وبالمثل، وجد عند مراصد شدة المغناطيسية فى كل من جرينلند واسكتلندا والسويد ومصر أن قوة المغناطيسية تزداد فى المناطق التى تزداد برودة وانخفاضا فى درجة الحرارة، أى أن هناك ارتباطا عكسيا شديدا بين التغيرات فى قوة المجالل المغناطيسى الأرضى وتغيرات المناخ (شكل رقم: ٥-١٠).



(شكل رقم: ٥-١٠): منحنيات الكثافة المغناطيسية علي أساس المتوسط السنوي مقارنة بالمتوسط المتحرك لكل عشر سنوات لدرجة حرارة الشتاء لوسط انجلترا (١٩٠٠ - ١٩٧٠)

وحتى الآن لا يوجد سبب أو برهان واضح يفسر مثل هذه العلاقة. ولكن من المحتمل أن تكون التغيرات فى المجال المغناطيسى الأرضى استجابة للتغيرات فى النشاط الشمسي، وإن كان كل من المناخ والمغناطيسية الأرضية يرتبطان معا باستجابتهما للأحداث الشمسية، كما يؤكد دولين ورفقاؤه. وإذا كان الحال كذلك فلا تكون المغناطيسية سببا بسيطاً وذات علاقة سببية موثرة على المناخ. وعلى الرغم من ذلك فإنه من المحتمل أن المغناطيسية قد تعدل المناخ لدرجه ما وفقا لقدرة المجال المغناطيسى الأرضى التى توفر إلى حد ما درعاً واقياً ضد خلايا الاشعاع الشمسى. ومن هنا، وعلى هذا الاساس يمكن القول بأن العلاقة بين هاتين الظاهرتين، المغناطيسية الأرضية والمناخ، قد رسخ وجودها وإن كان سبب هذه العلاقة مازال غير واضح أو مفهوم حتى الآن - وربما سيظل كذلك لفترة طويلة قادمة !!.

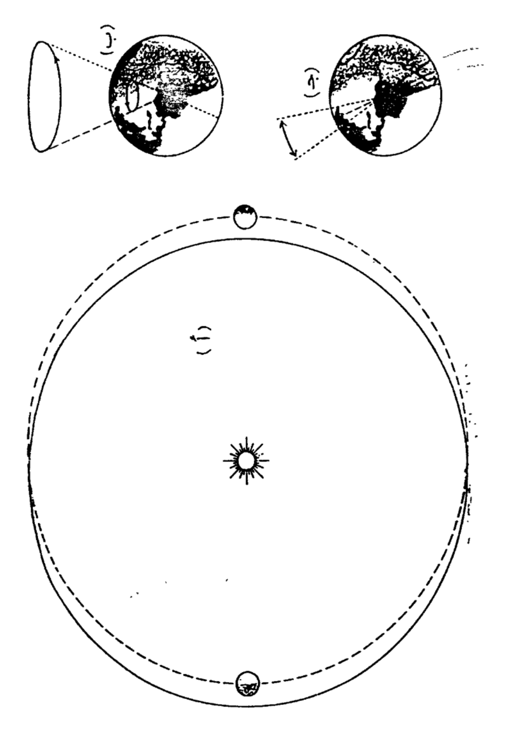
نظريات التغير المناخي وشكل (هندسة) الأرض

(١) فرضية كرول -ميلانكوفيتش Croll-Milankovitch

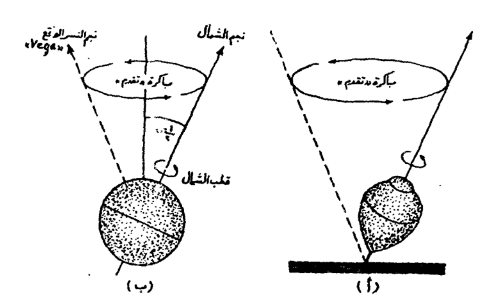
بالرجوع إلى الشكل رقم (١-١٠) نرى أنه من المنطقى أن نفترض أنه إذا كان موضع وشكل الأرض كأحد الكواكب وعلاقته بالشمس عرضة للتغير فكذلك يكون الاشعاع الشمسى الذى تستقبله الأرض عرضة للتغير ومثل هذه التغيرات تحدث بالفعل، أحياناً، نتيجة ثلاثة عوامل فلكية رئيسية لها أهمية اعتبارية فى هذا الشأن وتحدث بشكل دورى (شكل رقم: ٦-١٠) هى: التغيرات فى المركز الهندسى لمدار الأرض (دورة كل ٩٦٠٠٠ سنة)، ومباكرة الاعتدالين أو تقدمهما (دورة كل ٢٦٠٠٠ سنة)، والتغيرات فى ميل دائرة البروج أو ميل الحركة الظاهرية للشمس (الزاوية المحصورة بين مستوى مدار الأرض ومستوى دوران خط الاستواء) والذى يتم فى دورات كل ٤٠٠٠٠ سنة.

ومن المعروف أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائريا تماما بل اهليلجى أى يتخذ شكل القطع الناقص الدورانى، فإذا كان المدار دائريا تماماً لتساوى طول كل من فصلى الشتاء والصيف. وكلما زاد انحراف المدار عن المركز الهندسى له، كلما زاد الفارق بين طول كل من الشتاء والصيف. وعلى مدى ٩٦٠٠٠ سنة قد يستطيل مدار الأرض ليميل نحو الشكل البيضاوى ثم ما يلبث أن يعود إلى الشكل الدائرى تماماً.

ونعنى بمباكرة الاعتدالين أو تقدمهما أنها، ببساطة، تغير الوقت الذى يزداد فيه اقتراب الأرض من الشمس خلال السنة (أو ما يعرف بالحضيض أو نقطة الرأس Perihelion وهى أقرب نقطة فى مدار الأرض إلى الشمس). والسبب فى ذلك أن الأرض تدور حول محورها بصفة مستمره كما أنها تترنح أثناء حركتها فى مدارها وقد لوحظ - منذ زمن طويل - أن طرفى محورها ليس لهما اتجاه ثابت بل أن هذين الطرفين يترنحان فى دوارنهما حول المركز فى حركة حلقية دائرية صغيرة المجال. ويحدث الحضيض فى الوقت الحالى فى شهر يناير (٣ يناير تقريبا) ولكن فى غضون ١٠٥٠٠ سنة قادمة سيتقدم وقت اقتراب الأرض من الشمس. أو الحضيض - ليقع فى شهر يوليو.

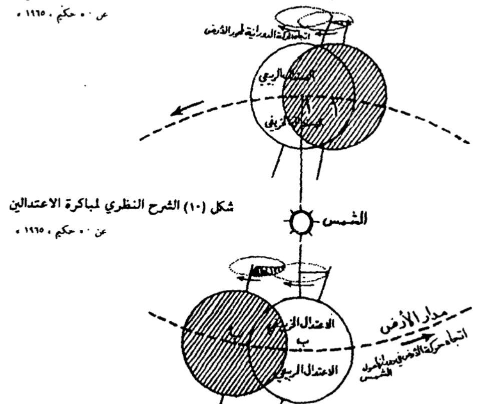


(شكل رقم: ٦-١٠): الأنواع الثلاثة من التذبذبات في شكل الأرض
كما أشارت إليه فرضية كرول وميلانكوفيتش



شكل (٩) مباكرة الاعتدالين ـ كما توضحها حركة الدوامة (أ) ـ والتي تؤدي إلى تغير في موقع القطب الشمالي ، وأيضاً موقع نجم الشمال (ب)

عن ٠٠ حكيم ، ١٩٦٥ ،



شكل (١٠) الشرح النظري لمباكرة الاعتدالين

عن ٠٠ حكيم ، ١٩٦٥ ،

(شكل رقم: ٧-١٠): مباكرة الاعتدالين كما توضحها حركة الدوامة والتي تؤدي إلي تغير في موقع القطب الشمالي وموقع النجم القطبي الشمالي

وثالث الاضطرابات والتذبذبات الدورية، هو تغير ميل دائرة البروج أو تغير ميل حركة الشمس الظاهرية ويتضمن اختلاف ميل المحاور التى تدور الأرض حولها وتختلف قيمة الميل بين ٣٩ ٢١° و ٣٦´ ٢٤° وتشبه هذه الحركة السفينة على سطح الماء. وكلما زاد الميل كلما اتضح الفارق بين الشتاء والصيف.

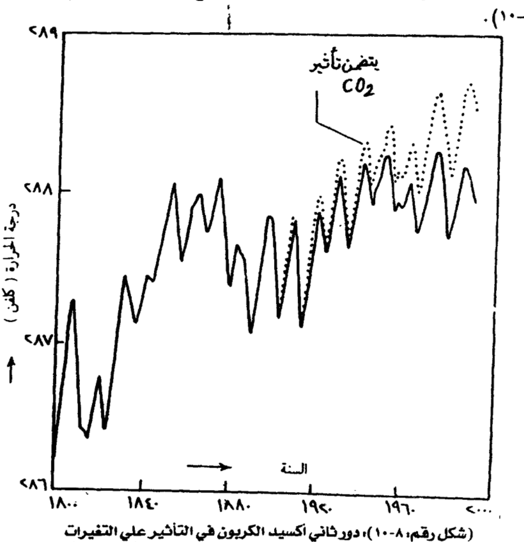
وترجع أهمية هذه التذبذبات أو العوامل الفلكية الثلاثة الى سنة ١٨٤٢ عندما اقترح أوهمار J. F. Ashemar أن المناخ قد يتأثر بهم. وقد طور كل من Croll فى الستينيات من القرن التاسع عشر وميلانكو فيتش Milankovich فى العشرينات من القرن العشرين هذه الآراء (Beckinsale & Michtell, 1965) وتكمن جاذبية هذه الأفكار الى أن تغير درجة الحرارة الناتج قد يكون ١° أو ٢° مئوية ويبدو أن فترات هذه التذبذبات تماثل الى حد كبير فترات تقدم الجليد وتراجعة خلال البليستوسين. وقد أوضحت طرق التأريخ بالنظائر أن سجل تغيرات مستوى سطح البحر كما هو واضح من دراسة مصاطب الشعاب المرجانية فى أماكن مختلفة وسجل الارتفاع والانخفاض الحرارى من العينات اللبية لقيعان البحار أنها تماثل الى حد كبير المنحنيات النظرية للاشعاع الشمسى لميلانكوفيتش Milankovitch . وهناك أدلة أكيدة على أن النظريات الفلكية تعد تفسيراً للتغيرات البيئية على مدى طويل. ومع ذلك فان فرضية كرول - ميلانكوفيتش Croll - Milankovitch - توضح مجموعة من الأحداث الدورية التى قد تكون أطول لتتناسب مع التذبذبات المناخية فيما بعد الجليد وأقل من أن تلقى الضوء على المسافات الفاصلة بين الفترات الجليدية الرئيسية. بالآضافة إلى ذلك فأن الفرضية تؤيد أن الجليد فى العروض العليا كان نتيجة تباين الاشعاع الشمسى، فى حين بالنسبة لحجم كتلة الجليد، فأن زيادة التساقط عن الحد الأدنى الحالى الذى يسقط فى المناطق القطبية قد يكون أكثر أهمية، وأخيراً فأن اختلافات الاشعاع المحسوبة الناتجة عن هذه الافتراضية لا تتجاوز نسبة مئوية ضئيلة ولذلك فإنه إذا قلنا أن هذه العملية قد تكون قادرة على أحداث تغير فلابد من وجود عوامل أخرى تساعدها.

(٢) نظرية نقاء أو شفافية الغلاف الجوي

Atmospheric transparency Hypotheses

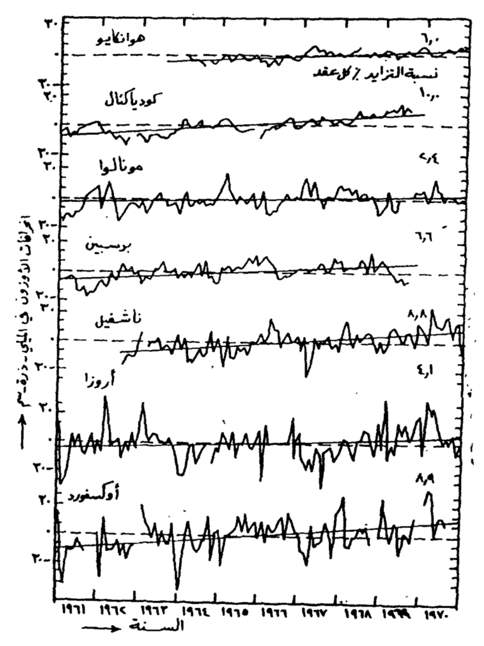
حتى لو افترضنا أن التغيرات فيما يصل من اشعاع شمسى إلى الأرض لم تكن على درجة كافية لتغير مناخ الأرض، فإن آثار الاشعاع الآتى من الشمس لابد وأن تغيرت بشكل ملحوظ نتيجة التغيرات فى تركيب الغلاف الجوى للأرض، وقد يحدث هذا خلال التغيرات فى مستوى ثانى أكسيد الكربون والأوزون والأتربة وما يحتوية من ماء.

والتفكير في الدور المحتمل لثانى أكسيد الكربون يتأتى بالنظر الى نظرية بلاس Plass وبالأخذ فى الحسبان دور الانسان كعامل من عوامل التغير المناخى فى الآونة الأخيرة. ولابد من الإشارة إلى أنه رغم أن ترجيح التغيرات الجوهرية جدا فيما يحتوية الغلاف الجوى من ثانى أكسيد الكربون موضع لبعض الشك لأن دورة الكربون الأرضى تحكمها الى حد كبير عملية امتصاص المحيطات للغاز، فالمحيطات تكون خزانا ضخما من مركبات الكربون. وعلاوة على ذلك ففى الوقت الحالى من الصعب أن نرى أى العوامل قد سببت تغيراً على درجة كافية فى محتويات ثانى أكسيد الكربون فى الماضى. ومع ذلك اذا تساوت باقى الأشياء فزيادة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى سيؤدى هذا الى امتصاص الموجات الطويلة للاشعاع الأرضى فى النطاق من ١٣ الى ١٧ ميكرون مما يعمل على رفع درجة الحرارة (شكل رقم: ٨-١٠).



(شكل رقم: ٨-١٠): دور ثاني أكسيد الكربون في التأثير على التغيرات في درجة حرارة كوكب الأرض

والأوزون الموجود فى طبقة الاستراتوسفير العليا على ارتفاع يتراوح بين ٣٩، ٥٠ كيلو متر يكون مؤثراً فى تصفية الاشعاع الشمسى الداخل (بواسطة امتصاص الموجات القصيرة) وقد يتأثر الاشعاع الصادر أو المرتد من الأرض بامتصاص الاشعة تحت الحمراء. والتغيرات فى تركيز الأوزون قد تكون نتيجة للتغيرات فى الانبعاث الشمسى وبشكل عام فأى زيادة تؤدى إلى زيادة درجة حرارة سطح الأرض (شكل رقم: ٩-١٠).



(شكل رقم: ٩-١٠): التذبذبات في كمية غاز الأوزون الكلية خلال عشر سنوات (١٩٦١ - ١٩٧٠) في عدة أماكن مختارة من العالم (لاحظ ميل كمية الغاز نحو التزايد)

والثورانات البركانية قد تؤدى الى برودة المناخ نتيجة تواجد غشاء أو ستار من الغبار Dust - veil فى طبقة الاستراتوسفير السفلى. وأن كان الوقت هنا سيكون قصيراً ولذا فستكون أهميتها محدودة لتذبذبات مناخية ثانوية وضئيلة. ومع ذلك فالدراسات الحديثة عن الثورانات البركانية ودرجة الحرارة الشديدة تشير أنها قد تكون فى غاية الأهمية على مدى فترة زمنية قصيرة. فإنسياب الرماد البركانى من Krakatoa فى ثمانينات القرن التاسع عشر أدى إلى زيادة الاشعاع بحوالى ١٠ - ٢٠٪ لمدة ٢٠١ سنة، كذلك فإن الرماد البركانى من Krakatoa تخلل طبقة الاستراتوسفير ليصل الى ارتفاع ٣٢ كم. وقد أشارت دراسات حديثة الى أن أبرد فصول الصيف واكثرها رطوبة فى بريطانيا مثل عام ١٦٩٥، وعام ١٧٢٥ وستينات القرن الثامن عشر، وأربعينات القرن التاسع عشر وعام ١٩٠٣، وعام ١٩١٢ من القرن العشرين حدث فى نفس الوقت الذى زاد فيه الغبار البركانى فى الاستراتوسفير فى الغلاف الجوى العلوى (Lamb, 1971). وفوق هذا فإن فترة الدفء الحرارى فى نصف الأرض الشمالى والتى امتدت فى العشرينات والثلاثينات والأربعينات من القرن العشرين تتعاصر مع فترة لم يكن فيها أى ثوران بركانى فى نصف الأرض الشمالى مما يشير الى احتمال أن عدم وجود الغبار البركانى خلال هذه العقود كان أحد العوامل فى عملية الدفء. واذا رجعنا بعيداً إلى الوراء فدراسة عينة الجليد اللبية فى انتركاتيكا قد دلت على سقوط غبار بركانى كثير ومتعدد فى الفترة من ٢٠٠٠٠ الى ١٦٠٠٠سنة مضت. وهو نفس وقت أوج البرودة فى الفترة الجليدية الأخيرة) وبالمثل فأن فترة المناخ الأمثل والعصر الجليد الأصغر (Bray, 1974) يبدو أنهما يتعاصران مع فترتى ركود ونشاط بركانى على التوالى (شكل ١٠ -١٠).

بالاضافة الى دور العوامل السابق ذكرها فأن الغبار البركانى قد يقلل سطوع الشمس حيث أن هذه الاتربة تشجع على تكوين السحب كما أن ذرات الغبار تساعد على تكون بلورات الجليد فى الهواء التى تنخفض درجة حرارته الى مادون التجمد والمشبع ببخار الماء. ويقترح براى (Bray, 1974) أنه خلال الهولوسين بشكل اجمالى وعلى أساس فحص تواريخ الكربون المشع C 14، نجد أن التقدم الرئيسى للأنهار الجليدية الألبية والقطبية كان متعاصراً تماماً مع فترات النشاط البركانى فى فتره ما بعد وسكنسن (فيرم) الجليدية فى نيوزيلنده واليابان وجنوب أمريكا الجنوبية (٤٧٠٠ - ٥٤٥٠ - ٢١٥٠ - ٢٨٨٥ و ٥٠ - ٤٧٠ سنة مضت). وثمة دليل إضافى على دور النشاط البركانى يأتى من تحليل التراب البركانى الخشن فى ٣٢٠ عينة لبية من أعماق البحار. وقد وجد كل من Kennett & Thunell أن مثل هذا التراب متكرر جداً

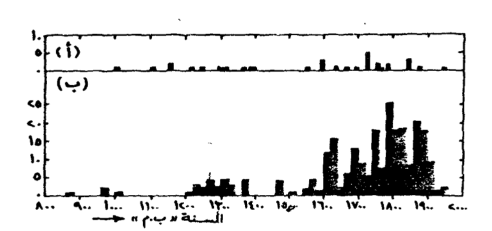
فى القسم الرباعى من زمن الحياة الحديثة، بما يعادل أربعة أمثال وجوده فى وسط النيوجين.

رابعاً: افتراضيات تتضمن تغيرات في جغرافية يابس الأرض

على الرغم من أن التغيرات المناخية لا يقتصر حدوثها على فترات زمنية قصيرة الأجل التى من أمثلتها العصر الجليدى الصغير أو فترة دفء القرن العشرين فإن بعض التغيرات طويلة الأمد والتى قد تتضمن بداية تكون الجليد فى أماكن معينة من العالم قد تكون نتيجة تغير مواقع القارات أو زحزحة فى مواقع المحاور القطبية أو رفع القارات، من بين هذه العوامل الثلاثة نجد أن العاملين الأول والثانى قد لا تكون لهما أهمية نسبية اذا كنا بصدد الحديث عن البليستوسين حيث أن معدلات التغيير بطيئة جدا. فمثلا كان معدل حركة القطب يقدر بـ ٣×١٠^-٧ درجة فى السنة وقد لا يكون كافيا ليؤثر على نمط الجليد فى البليستوسين (Cox, 1968) . أما معدل زحزحة القارات فأعلى بقليل حيث يبلغ متوسط المعدل حوالى ١×١٠^-٧ درجة لكل سنة والذى يساوى ١° خلال ١٠٠ مليون سنة (وربما تكون ٢°. فقط منذ بداية الجليد الكلاسيكى) حتى مع أقصى معدل افتراضى ٦×١٠^-٧ درجة كل سنة، ستكون إزاحة لا تستحق الأهمية. ورغم ذلك فقد اقترح إوينج (Ewing, 1971) أنه اذا كان اتساع قاع البحر يحدث بمعدل ٢سم/سنة، فعرض أخدود مثل ذلك الذى يقع بين سبتزبرجن وجريتلند قد يتزايد الى ٢٠٠ كيلومترا فى ١٠ مليون سنة ليكون كافياً ليؤثر على دخول التيارات المحيطية الى القطب الشمالى وكذلك على مناخ المناطق الحيطة. ورغم هذا فهناك كثير من الباحثين الذين يرون أن الأسباب الأرضية للتغير المناخى يمكن حصرها فى حركات الرفع التى تؤدى الى بناء الجبال والتى تكون قممها على ارتفاعات كافية وباردة لتسمح بتراكم الثلج والجليد وقد يكون لهذا آثاره الهامه كما سبق واشرنا من قبل أن البليستوسين وأواخر الزمن الثالث شهدا حركات تكونونية لها اعتبارها.

وإذا افترضنا أن معدل الرفع فى منطقة نشطة تكويناً يصل إلى ١٠ متر لكل ١٠٠٠ سنة فهذا يتطلب ١٠٠٠٠ سنة فقط ليخفض متوسط درجة الحرارة ٠.٦٥ درجة مئوية حيث أن درجة الحرارة تنخفض بمعدل ٠.٦٥°م كلما ارتفعنا ١٠٠ متر. ولهذا فعبر البليستوسين قد يكون فى الامكان أن تظهر جبال بسرعة كافية وتؤدى إلى خفض ملحوظ فى درجة الحرارة عند قممها، كذلك فإجمالى كمية المطر يتجه للزيادة ما هو معروف بزيادة الارتفاع على الأقل حتى إرتفاع ٣٠٠٠ متر، ولذا فأن المحصلة النهائية أن ارتفاع الجبا يؤدى إلى إيجاد مصايد ثلجية حقيقية. ورغم هذا، فإذا كان الارتفاع فقط هو السبب الرئيسى وراء وجود حقل ثلجى كبير أو حقل جليدى فبمجرد

تواجده يمارس تأثيره على الألبيدو ونظم الضغط ليكون دائما قائما بذاته. ولكى تختفى هذه الكتلة الجليدية لابد من تواجد عوامل أخرى.



(شكل رقم: ١٠-١٠): الثورانات البركانية الضخمة في أيسلندة

وجليد المحيط الشمالي منذ سنة ٨٧٠ بعد الميلاد

أ - الثورانات البركانية الكبرى.

ب- الجليد القطبى عند سواحل أيسلندة

. أسابيع / سنة، متوسطات ٢٠ سنة

والآثار التى تنجم عن مثل هذا الارتفاع قد تكون محلية أو عالمية فمثلا ارتفاع جبال روكى قد يؤثر تأثيراً جيداً على الطقس بشكل عام فى نصف الأرض الشمالى بتأثيره على موجات الغلاف الغازية واعتراض أضداد الأعاصير Anticyclons عبر شمال الأطلسى. وعدم تعرض جميع المناطق لتكرار الجليد دليل يؤيد هذا الافتراض، وفى كثير من الحالات يبدو ممكنا أو محتملا أن الإرتفاع فى أواسط وأواخر البليستوسين أدى إلى وجود جبال فى بعض المناطق فى وضع يسمح بتراكم الجليد، منها على سبيل المثال جبال Mauna Kea (هاواى) وتسمانيا والبرانس كلها شهدت فترة جليدية رئيسية واحدة فى أواخر البليستوسين.

خامسا: نظريات التغذية الاسترجاعية (التغير الذاتي)

Feedback (autovariqtion) hypotheses

تعرضنا فيما سبق لمجموعة من الاسباب التى يمكن أن تؤدى إلى تغير مناخى منها تغير الاشعاع الشمسى وموقع وشكل الأرض وعلاقتها بالاجرام السماوية الأخرى

ونوعية الغلاف الجوى وتوزيع اليابس والماء والجبال. وهناك عدد من الافتراضات التى تتصور أن الغلاف الجوى يحتفظ بدرجة من عدم الاستقرار الداخلى التى قد تؤدى إلى وجود عامل ذاتى للتغير. ويمكن لنا أن نتصور أن بعض التغيرات البسيطة من خلال التغذية الاسترجاعية الايجابية Positive feedback يكون لها آثارها الواسعة والتى تكون على مدى زمنى طويل. وقد كتب ميتشيل (Mitchell, 1968) أن التقلبات البيئية البسيطة قد تكفى لتغير الدورة الهوائية العامة والمناخ من حالة الى أخرى. وفيما يلى عرض لبعض الأمثلة المختارة التى تشير الى أهمية الافتراضات التى تتضمن علاقات التغذية الاسترجاعية (الارتدادية) أو التغير الذاتى.

(١) نظرية ولسون

تقدم ولسون Wilson لنا فى عام ١٩٦٤ بنظرية من نظريات التغذية الاسترجاعية مفادها أنه فى الوقت الذى كان فية السمك الاجمالى للغطاء الجليدى فى انتركانتيكا أقل من القيمة الحرجة كان معدل السمك الناتج عن تراكم التساقط يزيد عن معدل الهبوط الناتج عن الانسياب المرن وفقدان الكتلة عن طريق انفصال الجبال الجليدية عند الاطراف. وعندما وكيفما يصل سمك الجليد الى قيمة حدية حرجة يصبح الضغط العرضى للقص قرب قاعدة الغطاء الجليدى كبير بحيث يزداد انسياب الجليد بشكل مفاجئ. ويؤدى هذا الى التسخين بالاحتكاك ومن ثم يزداد الانسياب أكثر واكثر حتى ينهار الغطاء الجليدى بأكمله بمعدل فجائى تقريباً، وبالتالى تمتلئ المحيطات بالجليد وبذلك تنخفض درجة حرارة العالم والتى تشجع على تكون الجليد فى جهات معينة أخرى من العالم (Hollin, 1965, Selby, 1973).

وإلى جانب ذلك فإنه نتيجة اندفاع الغطاء الجليدى فإنه ففى الامكان أن ينتقل ثلث الغطاء الجليدى الى الرف القارى مكوناً رفاً جليديا ضخما. هذا الرف قد يزيد الألبيدو السطحى إلى ٢٥×١٠^٦ كيلومتر مربع من المحيطات من ٨٪ الى ٨٠٪ مؤديا الى زيادة البرودة بخفض الحرارة الواردة الى الأرض ككل بحوالى ٤٪.

(٢) نظرية بلاس

فى عام ١٩٥٦ اقترح جلبرت بلاس C.N. Plass نظرية يوضح فيها عدم الاستقرار الداخلى للغلاف الجوى، وأوضح فيها أن هناك سبب غير محدد يؤدى إلى خفض محتوى الغلاف الجوى من ثانى أكسيد الكربون. مما يؤدى إلى خفض درجة حرارة الغلاف الجوى، وبعد ٥٠٠٠٠ سنة أو نحو ذلك تبرد المحيطات بنفس الدرجة وتصل الى توازن جديد فى محتوى ثانى أكسيد الكربون فى الجو. وانخفاض الحرارة

يشجع على تراكم الجليد على القارات والذى يؤدى بالتالى الى انخفاض مستوى سطح البحر وبالتالى إختلال نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو حيث تتركز فى الميحطيات. وزيادة ثانى أكسيد الكربون فى الجو تؤدى إلى دفء الغلاف الجوى مؤدية بالتالى الى ذوبان الجليد واستعادة المحيطات أحجامها الأصلية.

(٣) نظرية اوينج - دون

سادت نظرية إوينج – دُون Ewing - Donn فى الفترة ١٩٥٦ – ١٩٥٨ والتى تقول إن دورة الأحداث تبدأ بمستويات مرتفعة لسطح البحر خلال الفترات ما بين الجليدية مع انسياب مياه دافئة نحو المحيط المتجمد الشمالى. وكلاهما يحفظ جليد المحيط مناسبا لتراكم الثلوج المتساقطة على هيئة ثلج على اليابس المحيط. مما يؤدى إلى انخفاض مستوى سطح البحر ومن هنا تعمل السلسلة الجبلية المحيطية الموجودة بين أيسلندة و Faeroes الى اعاقة حركة المياه الدافئة نحو المحيط المتجمد الشمالى. كما أن ازدياد مساحة الغطاء الجليدى قد تؤدى إلى انعكاس الاشعاع الشمسى بنسبة أكبر مما يؤدى إلى زيادة معدلات البرودة وانخفاض درجة الحرارة. ومثل هذه النزعة قد تعززها المعلومات الخاصة بأضداد الأعاصير فوق الجليد مع رياح تهب نحو الخارج تصد التأثير الأطلسى المعتدل. ومن ثم يتجمد المحيط الشمالى ويمنع استكمال الغطاءات الجليدية والتى تتعرض للانكماش التدريجى. ثم يرتفع سطح البحر وتنساب المياه الدافئة مرة أخرى وتكون بداية لدورة جديدة.

وقد أثبتت دراسات حديثة على عينات من أعماق المحيط الشمالى أن هذا المحيط الشمالى لم يخل من الجليد خلال البليستوسين ومن ثم لا يمكن أن يكون عاملاً فى نمو أو ذوبان الأنهار الجليدية القارية فى البليستوسين.

(٤) نظرية ويل

أشار ويل P. K. Weyl فى عام ١٩٦٨ إلى حقيقة هامة، وهى أن درجة ملوحة مياه المحيط الأطلسى فى الوقت الحاضر تزيد عن درجة ملوحة مياه المحيط الهادى. وقد أرجع ذلك إلى أن مياه أقصى شمال المحيط الأطلسى لا تتجمد شتاء حتى أماكن تقع إلى الجنوب من دائرة عرض ٧٥ شمالاً، بينما يصل حد الجليد الشتوى إلى دائرة عرض ٦٠ شمالاً فى المحيط الهادى. وتترافق الملوحة الأكبر فى المحيط الأطلسى شمال دائرة الاستواء بانتقال الرطوبة باضطراد بواسطة الرياح التجارية نحو الغرب عبر برزخ بنما، بينما تتدفق الرطوبة بشكل عكسى تجاه الشرق من المحيط الهادى فى منطقة الرياح الغربية، غير أن جبال الروكى تقف عائقاً فى وجه تدفق الهواء الرطب

من الغرب، ويتولد عن ذلك ضعف فى الحركة الجوية عبر الأطلسى، مما يترتب عليه تقليل كمية المياه المفقودة من المحيط الأطلسى نحو الجو، وخفض الملوحة فى ذلك المحيط، مما يمكن جليد المحيط المتجمد الشمالى من الانتشار بعيداً نحو الجنوب فى القطاع الأطلسى.

ومما لا ريب فيه، فإن هذه الآلية تلعب دوراً جزئياً فى كل التغيرات المناخية فى المناطق التى تحدث فيها تغيرات هامة فى تبادل بخار الماء بين محيط ومحيط آخر. أما ازدياد انتشار جليد البحر أو تقلص امتداده، فيرتبط بحركة الرياح التى تكون قوية أو ضعيفة أو متقلبة فى قوتها، إذا واجهتها حواجز جبلية، وهكذا يبرد المناخ أو يزداد سخونة وحرارة.

(٥) نظرية بروكس

تعود البذور الأولى لنظرية بروكس C. E. P. Brooks إلى عام ١٩٢٥ والتى ظهرت فى كتابه بعنوان «المناخ عبر العصور Climate through the ages»، المنشور لأول مرة عام ١٩٤٩. ولقد عرضت هذه النظرية على المبادئ المتسلسلة التالية : إن النمو الثابت والاضمحلال فى قلنسوات الجليد القطبية يعتمد على قوة التبريد المرتبطة بتغير درجة عاكسية الإشعاع الشمسى وصفاته للجليد العائم الموجود فى المحيط القطبى والذى يعود فى تكوينه فى البداية إلى إنخفاض بسيط فى درجة حرارة السطح إلى ما دون درجة التجمد. ويرجع انخفاض درجة الحرارة إلى حدوث ارتفاع فى القارات. فإذا ما تغطت منطقة ما باتساع عشر درجات عرضية بالجليد، فإن هذا الجليد سينتشر بسرعة فوق منطقة تغطى ما يقرب من ٢٥ درجة عرضية. ولكن إذا ما ذاب هذا الجليد بفعل حرارة الصيف وتقلص فى اتساعه إلى من أقل من عشر درجات فإنه سيحافظ على اضمحلاله بسرعة. وتوضح آراء بروكس أن نظريته يمكن تطبيقها كذلك على نمو وتقلص الغطاءات الجليدية فوق اليابس فى العروض العليا. وترتبط تغيرات درجة الحرارة، التى هى المحرك الأساسى لتلك التطورات، بالتغيرات فى فائض الإشعاع الذى يستقبله سطح الأرض. كما يرتبط تأثير درجة عاكسية الجليد على امتداد الغطاء الجليدى فوق سطح الأرض بأية نسبة انخفاض فى الإشعاع الشمسى. فقدقدر أن انخفاض نسبة الأشعة بمقدار ١,٥ ٪ تكون كافية لبدء عصر جليدى جديد، وإذا زاد هذا الانخفاض ليصل إلى ٥ ٪ فإن ذلك سيعمل على تزايد الجليد بشكل واسع بما يحول سطح بأكمله إلى سطح جليدى.

(٦) نظرية الألبيدو

هناك عامل واحد يتحكم في مستوى التسخين في النظام الجوى للأرض وهو درجة انعكاس أو امتصاص سطح الأرض للاشعاع الشمسى. والتغيرات في ألبيدو سطح الأرض والتى قد توجد نتيجة أحداث بسيطة قد تؤدى الى تغيرات رئيسية في المناخ. فعلى سبيل المثال نجد أن إرساب غبار بركانى داكن اللون فوق الغطاءات الجليدية نتيجة انفجار بركانى قد يؤدى إلى ذوبان الجليد في هذا الغطاء والذى قد يؤدى بدوره الى خلق سلسلة متوالية من الأحادث. وبالمثل، فإن وجود غطاء جليدى مستمر على غير العادة فوق شمال كندا نتيجة لفصول شتاء ثلجية وفصول صيف باردة مصادفة قد يساعد إما على تغير مناخى مباشر أو قد يلعب دوراً كجزء من رد فعل التغذية الاسترجاعية.

ومثل هذا الغطاء الجليدى الذى يستمر خلال كل أو معظم الصيف والخريف يعكس أشعة الشمس مؤديا الى برودة الهواء وانخفاض درجة حرارته، وهذا في حد ذاته قد يرجح تراكم الثلج في الشتاء التالى، ويتراكم الثلج تدريجيا يؤدى الى غطاء جليدى شاسع الامتداد،

دور الانسان في التغيرات المناخية

طبقت الافتراضات المختلفة التى سبق مناقشتها بدرجات مختلفة من النجاح لفترات زمنية مختلفة الطول، وذلك لأن التغيرات البيئية والمناخية التى يشهدها العالم الآن تماثل التغيرات البيئية والجوية التى كانت تحدث منذ ملايين السنين للانتقال بين العصور الجيولوجية المختلفة قديماً، وكانت تلك التغيرات تغيرات طبيعية تحدث نتيجة مؤشرات فلكية كالتى ذكرناها سلفاً، وهى كلها ظواهر طبيعية ليس للإنسان سلطان عليها ولذلك كانت تتم تدريجيا وتستغرق آلاف السنين. أما التغيرات المناخية الحديثة التى نعيشها الآن سببها نشاطات انسانية ولذلك تتم بشكل حاد وعنيف وخلال فترة قصيرة نسبياً مما يزيد من الشعور بحدتها وعنفها. وعموماً فإن كل هذه التغيرات ما هى إلا مرحلة انتقالية يعاد خلالها تشكيل المناخ العالمى على صورة جديدة ثم تحدث حالة استقرار حيث يعتاد الإنسان على شكل المناخ الجديد. ولدور الإنسان مكانه الهام، فكما يعتقد العلماء أن تغيرات المناخ في القرن العشرين الماضى قد أثرت الى حد كبير على الانسان ولكن في نفس الوقت كان الانسان مسئولا إلى حد ما عن بعض التغيرات التى تنجم بصفة خاصة عن تأثيره على نوع الغلاف الجوى. وحتى الآن، نظراً لتعقد النظام الجوى وكثرة الأسباب الممكنة، من الصعب أن نحدد تماماً الدور الذى لعبه

الإنسان، وإن كان من الممكن التعرف على بعض أشكال تدخل الانسان وأثره على التغيرات المناخية على الأرض.

وأحد العمليات الهامه فى هذا الشأن هو استهلاك الوقود الحفرى مثل الفحم والبترول. فحتى وقت قريب كانت كمية الطاقة التى يستخدمها الإنسان والتى يستخرجها من هذه المواد قليلة جدا مقارنة بالطاقة الشمسية والطاقة الناتجة عن حرق النباتات ولكن هذا الموقف تغير حيث نجد أن استهلاك الطاقة العالمية يتزايد بمعدل حوالى ٤٪ سنوياً أى أنه يتضاعف مرة كل ١٧ سنة.

ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بالانتاج الحرارى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون الموجود بالجو. ففى الوقت الحالى يزداد معدل ثانى أكسيد الكربون حوالى سبعة أجزاء فى المليون فى كل عقد، فقد كان تركيز ثانى أكسيد الكربون سنة ١٩٦٠، ٣١٣ جزء فى المليون ثم ارتفع إلى ٣٥٠ جزء فى المليون فى ثمانينيات القرن العشرين المنصرم. ويؤثر تركز ثانى أكسيد الكربون على كمية الاشعاع الشمسى الذى يصل الى الأرض ويشكل عام فالزيادة لابد أن تؤدى إلى الميل نحو الدفء وقد قدر أن تضاعف ثانى أكسيد الكربون قد يرفع درجة حرارة سطح الأرض بحوالى ٠.١٣ درجة مئوية كل عشر سنوات، وأن كان هناك بعض الملاحظات والدراسات الحديثة التى تشير الى أن معدل الزيادة فى درجة الحرارة يقل مع زيادة محتوى الغلاف الجوى من ثانى أكسيد الكربون ولهذا فالاحتمال بعيد أن تصل درجة الحرارة الى مستويات مرتفعة.

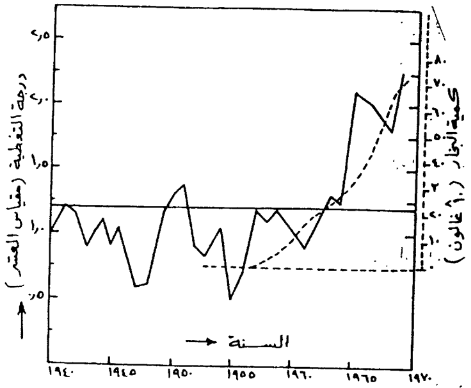
كذلك فإن زيادة استخدام مصادر الطاقة الحفرية (البترول - الفحم) يؤدى إلى زيادة تلوث الغلاف الجوى. وزيادة الأتربة أو الدخان له أثره على انتشار أو إمتصاص الاشعاع الشمسى ولهذا تميل درجة حرارة الأرض للتغير، كذلك فقد تكون سبباً فى قلة الأمطار بتقليلها نشاط تيارات الحمل. وعلى العكس فهناك من يرون أن زيادة المواد الدقيقة فى الغلاف الجوى قد تؤدى إلى وجود نوايات تساعد على تكاثف وتسامى بخار المياه فى الغلاف الجوى وبذلك تزداد السحب. والآثار الدقيقة للدخان على درجة الحرارة مازالت لسوء الحظ غير واضحة وسواء أكانت أضافة الدخان تؤدى آلى تسخين أو تبريد الغلاف الجوى فهى عملية لا ترجع فحسب للخصائص الفعلية لهذه المواد ومدى قدرتها على الامتصاص والتغذية بل كذلك لمواقعها الخاصة فى الغلاف الجوى بالنسبة للسحب، وعكس السحب والسطح للأشعة كذلك. ولهذا فقرب القطب قد تؤدى ذرات الايروسول الرمادية، أو الهباء الجوى، إلى دفء الغلاف الجوى حيث يقل عكسها للأشعة عن السطوح الجليدية والثلوج التى تقع أسفلها، بينما فى المناطق الزراعية الداكنة فإنها تعكس كميات أكبر مؤدية الى البرودة، ولهذا فإن كمية التأثير الناتجة عن

زيادة الدخان فى الغلاف الجوى غير واضحة، ولكن اقترح راسول وسكنيدين عام ١٩٧١(R. sool & Schneiden, 1971) أن الزيادة بمعدل ٤ أو ٥ فى تركيز الدخان فى الجو العالمى تكون كافية لخفض درجة حرارة السطح بحوالى ٣,٥ درجة مئوية. ولحسن الحظ فإن الدول المتقدمة والتى تضيف أكبر كمية من الدخان غير الطبيعى الى الجو تمتلك المصادر الفنية للتغلب على هذه المـ وفعلا استطاعت بعض هذه الدول أن تخطو فى هذا المجال. ومع ذلك فهناك ما يدل على زيادة الأتربة والغبار فى الجو منذ بداية الثورة الصناعية يأتى من تحليل مستويات الأتربة من جليد الأنهار الجليدية المعروفة التأريخ فى جنوب روسيا (الاتحاد السوفيتى سابقاً)، فقد وجد حوالى ١٠ مج/١ فى طبقات جليدية ترجع للفترة ما بين ١٨٠٠ ، ١٩٢٠ ويزداد هذا الرقم فى الخمسينات من القرن العشرين إلى ٢٠٠ مج/١ أى عشرون ضعفاً.

وهناك نتيجة أخرى تتعلق بتأثير الانسان على نوعية الغلاف الجوى وبذلك يحتمل تأثيره على المناخ هو دور الكيماويات خاصة مركبات كلوروفلورميثين Chlorofluoromethanes التى تنبعث الى الهواء عندما تستعمل المبيدات وما شابهها فى المنازل. وقد اقترح أن تركيبها الكيماوى وشدة تبخرها تعنى أنها تبقى فى الجو لمدة طويلة ومن ثم تتراكم على مستويات مرتفعة. ومن المعتقد أن الانفصال الضوئى لهذه الغازات فى طبقة الاستراتوسفير ينتج كميات لا بأس بها من ذرات الكلور مما يؤدى إلى تحطيم بعض الأوزون الموجود فى الجو. يعد الأوزون عاملاً هاماً يتحكم فى الاشعاع.

وثمة مشكلة أخرى خطيرة تحدث فى طبقات الجو العليا وهى الخاصة بالطائرات والصواريخ، حيث تعمل الأخيرة على إخراج كيماويات سامة فى طبقات الجو العليا من خلال الدخان العادم. ومن المعروف أنه حتى الكميات القليلة من عنصر مثل الأوزون فى الطبقات العليا من الجو قد تتحكم بشكل ملحوظ فى ظروف الاشعاع. ولذا فأى اضافات قليلة لهذه المنطقة أو التفاعلات التى تتضمن اضافة كيماويات سامة قد يترتب عليها نتائج هامة. كذلك فما تنفثه الطائرات التى تفوق سرعتها سرعة الصوت من بخار الماء فى طبقة الاستراتوسفير قد يكون أكثر خطورة على المدى القصير. وفى الوقت الحالى انخفضت نسبة بخار الماء فى طبقة الاستراتوسفير كما أن التبادل بين الجزء السفلى من الاستراتوسفير والمناطق الأخرى من الغلاف الجوى منخفض. وعليه فالكميات المعتدلة نسبيا من بخار الماء التى تصرفها الطائرات قد يكون لها أثر واضح على التوازن الطبيعى. وقد وجد أن ٤٠٠ طائرة تفوق سرعتها سرعة الصوت سواء كانت عسكرية أو مدنية تعمل ٤ رحلات يومياً قد تترك ١٥٠×١٠^{٦} كيلوجرام من المياه

فى طبقة الاستراتوسفير السفلى. ومثل هذه الزيادة قد تؤدى إلى زيادة بسيطة فى درجة الحرارة قد تصل إلى ٠.٦ درجة مئوية. ووجود الرطوبة يمكن أيضا أن يظهر فى شكل سحب سمحاقية رقيقة مرتفعة (شكل رقم : ١١ - ١٠).



(شكل رقم: ١١-١٠): التغير في نسبة الغيوم العالية (السمحاق) في جو مدينة دنفر - كلورادو - الولايات المتحدة الأمريكية، منذ عام ١٩٤٠

وعلى المستوى القارى أو الأقليمى، فقد ذاع - خاصة فى سنوات ما قبل الحرب - أن التشجير يصلح ظروف المطر خاصة على هوامش الصحراء وأن إزالة الغابات على العكس يؤدى الى تدهور فى ظروف المطر. ولهذا فمن خلال تأثير الإنسان على الغابات فى مناطق مثل منطقة السودان فى غرب أفريقيا كان ينظر الى الإنسان كأحد الأسباب التى يمكن أن تعمل على التصحر. ويعتمد تأكيد ذلك على الحقيقة المتعارف عليها أن وجود غابة له أثر أفضل على اقتصاديات المياه فى المنطقة. وقد نسبت هذه الظاهرة فى أول الأمر الى زيادة المطر وأكثر من هذا فارتفاع الرطوبة النسبية فى الغابات وملاحظة دخان الغابات على مسافات قريبة ووجود الرطوبة المرتفعة فى الهواء المحيط بالغابة، كل هذا يقدم تأييداً واضحاً لهذا الرأى.

ويؤكد العلماء أن تدخل الإنسان بنشاطه العابث قد عمد إلى تلويث الجو وإزالة كثير من الغابات والأشجار ويؤدى كلا العاملين إلى رفع المحتوى الحرارى للجو. فالملوثات الجوية تعوق تسرب الحرارة من سطح الأرض إلى الفضاء، وإزالة الغابات والاشجار تؤدى إلى نقص امتصاص ثانى أكسيد الكربون الجوى فيزداد تركيزه تدريجيا ويزداد بالتالى مدى الاحتباس الحرارى فى جو الأرض.

ومن جهة ثانية، رغم وجود مشروعات قيد النقاش تهدف إلى تحسين ظروف المطر على هوامش الصحراء الكبرى عن طريق تشجير حزام ضخم من الأرض عبر غرب افريقيا، فمن المؤكد أن تكوين التساقط عملية تتم فى طبقات الجو العليا. وطالما كانت النطاقات الجافة الرئيسية فى العالم يسودها الهواء الهابط فأى زيادة بسيطة فى الرطوبة تنتج عن وجود الأحزمة الشجرية سيكون عديم الأثر الى حد كبير. وقد ينطبق نفس القول على الخطط التى ترمى لإنشاء بحيرات ضخمة فى صحراء كلهارى والصحراء الكبرى. ولعل جفاف السواحل الأفريقية على طول البحر المتوسط أوضح مثال على مدى الأثر الضئيل الذى ينتج عن المسطحات المائية حتى ولو كانت بضخامة البحر المتوسط الذى يعد مصدراً للبخار الدافئ. وتبقى السواحل قاحلة نظراً لطبيعة الدورة الهوائية العامة.

ومع ذلك فرغم أن الغابات قد لا تسبب تغيرات واضحة فى التساقط من خلال عملية النتح، فهناك اهتمام زائد فى السنوات الأخيرة بالنتائج التى تترتب على إزالة الغابات نتيجة تغير الألبيدو الأرضى. فالأراضى المغطاة بالنباتات يتراوح الألبيدو بها بين ١٠-٢٥٪ بينما الأراضى التى قطعت أشجارها أو التى تأثرت بالرعى الجائر (كما فى مناطق الساحل) ترتفع بها نسبة الألبيدو مما يؤثر على مستويات درجة الحرارة. وتظهر المرئيات الفضائية E R T S التى التقطت لمنطقة سيناء والنقب اختلافا كبيراً جداً بين النقب الداكنة اللون ومنطقة سيناء وغزة شديدتى اللمعان. هذا الخط الفاصل ينطبق على خط الحدود الذى رسم بين مصر وفلسطين المحتلة سنة ١٩٤٨ - ١٩٤٩، والناتج عن تباين استخدام الأرض على الجانبين. وقد تبين أن التغير فى الألبيدو الناتج عن استخدام الأرض بهذا الشكل أدى إلى تغير فى درجة الحرارة بحوالى ٥ درجات مئوية. ورغم هذا فقد يكون له أثار أكثر من مجرد التغير فى درجة الحرارة. كما أتضح أن الزيادة فى الألبيدو الناتجة عن نقص فى الغطاء النباتى بسبب نشاط الإنسان قد تؤدى إلى نقص فى صافى الاشعاع الوارد، وزيادة فى التبريد الاشعاعى للهواء. وعليه، فأننا نؤكد أن الهواء يهبط ليحفظ التوازن الحرارى بضغط حرارى ثابت ومن ثم تتشتت السحب الركامية التصاعدية وما يصحبها من أمطار، والأمطار السفلية

بدورها يكون لها أثر عكسى على النباتات وتؤدى إلى شدة النقص فى الغطاء النباتى. مثل هذه الاعتبارات فى غاية الأهمية فى حالة إزالة غابات الأمزون على نطاق واسع. وقد وضع بوتر وآخرون (Potter et al., 1975) نموذجاً على الحاسب الآلى لمعرفة الآثار المتوقعة لتغير الألبيدو فى هذه المنطقة ومع ذلك فهذا الرأى مقبول عالمياً. وهنا ينبغى، على سبيل المثال، أن نأخذ فى الحسبان مدى تأثير التغير النباتى على الألبيدو وعدم تجاهل تأثير النبات على التبخر - النتح. ولذلك تكون المناطق المزروعة عادة ابرد عن الأرض الجرداء حيث أن كثيراً من الطاقة الشمسية الممتصة تستهلك فى تبخر المياه. ويستخلص من هذا أن حماية الأرض من الرعى الجائر وإزالة الغابات من المتوقع أن يخفض درجة الحرارة ومن ثم يخفض أكثر مما يرفع الهواء المتصاعد والتساقط.

النتائج المتوقعة للتغيرات المناخية

يمكن حصر النتائج المتوقعة لظاهرة التغيرات المناخية العالمية فى التغير المناخى وكل من ارتفاع مستوى البحار والزراعة العالية وصحة الإنسان، وفيما يلى دراسة تفصيلية لكل نتيجة منها على حدة.

(١) التغيير المناخي وارتفاع مستوي البحار

لقد بدأت مستويات المحيطات بالارتفاع. واستنتجت الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخى فى الأمم المتحدة بأن مستويات البحار ارتفعت طوال القرن العشرين الماضى بمعدل ١٠-٢٠ سنتيمترا. ويتوقع أن يزداد هذا المعدل أثر استمرار تصاعد درجات الحرارة العالمية، ونتيجة لامتداد المحيطات بسبب الحرارة. ويتوقع أن تكون مستويات البحار بحلول العام ٢١٠٠ فى حدود ٦٥ سنتيمترا أعلى مما كانت عليه فى بداية القرن الحالى (القرن الحادى والعشرين).

وستتفاقم الآثار المترتبة على ارتفاع مستويات البحار بشكل خاص بسبب الزيادة المتوقعة فى عنف وتواتر العواصف التى ستدفع بالأمواج إلى أراض داخلية اضافية مهددة السكان والممتلكات التى كان يمكنها أن تكون فى مأمن من مشكلة ارتفاع المحيطات. وحين ترتفع المحيطات، ما لم يتم بناء حواجز وأسوار حماية باهظة التكلفة، فأن المياه ستغمر منشآت الموانئ، وستعطل نظم صرف المياه كما يستلزم اعادة تصميم منشآت الطاقة والجسور والعديد من الاستثمارات على الأراضى المنخفظة. وستتجه المياه المالحة عشرات الكيلومترات داخل الأنهار، كما ستلوث أيضاً امدادات المياه الجوفية الساحلية، وستختفى كذلك مناطق واسعة من الأراضى الزراعية المنخفضة أو

أنها ستصبح أراض بوار بسبب مياه البحر الدخيلة. وستختفى أيضاً عشرات الملايين من الأفدنة من المستنقعات الساحلية المالحة. هذه المستنقعات تلعب دوراً حيوياً فى امتصاص طاقة العواصف وتحمى الأراضى الداخلية. وهى تشكل موقع تكاثر حيوى للعديد من أنواع الأسماك والطيور.

ودون اتخاذ اجراءات حماية باهظة التكلفة فأنه يحتمل أن يتشرد الملايين من البشر فى بنجلاديش فيما تفقد دول كمصر والصين والهند قطاعات واسعة ومهمة من الأراضى الزراعية. أن ارتفاع معدل متر واحد فى مستوى البحار يمكنه تشريد ما بين ٤٠ و ٨٠ مليون شخص فى بنجلاديش على سبيل المثال، وتحطيم سهول الصين المنخفضة الأربع والأخصب. وتبدو الدول النامية التى أسهمت فى الجزء اليسير من زيادة غازات الاحترار، بأنها ستعانى من الآثار الأسوأ. ويعتقد أنه بحلول نهاية هذا القرن الحادى والعشرين، ستغمر الأمواج ما يقارب الثلاثمائة جزيرة مرجانية تقع فى المحيط الهادئ. وقد نبه فريق العمل الخاص بدراسة آثار الاحترار والتابع للهيئة الحكومية الدولية للتغيير المناخى فى الأمم المتحدة بأن الجزر المرجانية هى الأكثر تعرضا لمخاطر التغيير المناخى. وفى حالة تجاوز نسبة ارتفاع مستوى البحار، معدل نمو المرجان الافقى بسنتيمتر واحد سنوياً، فأن الفيضانات والتعرية ستدمر هذه الجزر. ورغم وجود حلول هندسية لتأخير التعرية والحماية ضد أضرار العواصف التى تضرب السواحل القارية فأنه لا يمكن حماية الجزر المرجانية بشكل فعال. وحتى فى المناطق الساحلية القارية فأن العديد من الدول النامية ستجد نفسها وبكل تأكيد غير قادرة على دفع تكاليف بناء الهياكل الهندسية الضرورية للوقاية ضد العواصف العنيفة المتزايدة ومستويات البحار المستمرة فى الارتفاع. وعندما ستكون عملية حماية المدن الكبيرة والاستثمارات فعالة من حيث التكلفة بالنسبة للدول الغنية فأن دول مثل بنجلاديش ومصر والصين قد تجد اقتصادها غير قادر على تحمل تكاليف الحماية هذه. ولكن هناك اجراءات يمكنها التقليل من حدة تأثيرات ارتفاع مستوى البحر. وتشمل هذه الاجراءات تصميم وقائية لكبح الفيضانات. كما يمكن انشاء نظم فعالة لصرف المياه، لدفع مياه الفيضانات إلى العودة من حيث جاءت وبسرعة وإمكانية تحسين جذرى لنظم الانذار المبكر لتنبيه السكان الأكثر عرضة للخطر من اقتراب حدوث العواصف أو الفيضانات والحد من الضحايا وفقدان الممتلكات.

ومن التوصيات فى هذا الشأن الموجهة إلى جميع الدول المتأخمة للبحر بتعزيز الخطط التابعة لها والخاصة باستخدام الأراضى وتحديد المناطق الساحلية المعرضة للخطر. ونظراً لأن العديد من الدول تنقصها الخبرة التقنية الضرورية للقيام بهذه

المهمة، فقد اقترحت الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي في الأمم المتحدة بأن تستفيد الدول التي لها مشاكل مماثلة جمع الخبرة والمعرفة المشتركتين، واتخاذ خطوات قانونية وادارية، كتحريم استخراج الغاز والنفط والمياه من المناطق المعرضة للانهيارات، والحد من التطور الحضري في المناطق المعرضة للخطر، وتحريم الصناعات التي قد تنجم عنها مشاكل وخاصة تلك التي تؤدي لمخاطر التلوث بسبب تواجدها على مقربة من المناطق الساحلية. كما ان توعية واطلاع السكان المعرضين بشكل مباشر لآثار ارتفاع مستويات البحار أو العواصف المستمرة الأسوأ يعدان جزءاً حاسماً من هذه المعادلة. ففي المناطق المعرضة لهذه الأخطار كأراضي دلتا الانهار في بنجلاديش ومصر، سيتشرد الملايين من البشر حتى في حالة اتخاذ بعض اجراءات الحماية. إذ أن إعادة اسكان المواطنين بدون مصاعب، تتطلب نجديد توعية المتضررين وتنظيمهم اجتماعيا بشكل جيد.

(٢) التغيير المناخي والزراعة العالمية

من المتوقع أن يؤدي التغيير المناخي على المستوى القاري إلى إيقاع فوضى في أنماط انتاج الغذاء وربما أيضا في أسعار الغذاء. وحين ترتفع درجات الحرارة وتتغير أنماط الجو فأن انماط كميات الأمطار ستتبدل وأن العديد من امدادات المياه ستتقلص بصورة كبيرة وسيصبح العديد من مناطق الأرض جافة أو قاحلة بشكل لا يساعد على زراعة المحاصيل فيما ستشهد مناطق أخرى زيادة كبيرة في امكانياتها الانتاجية.

ومن المتوقع أن تزداد نسبة كميات الأمطار السنوية عالمياً مع زيادة درجة حرارة الأرض إلا أن ذلك سوف لن يحدث في جميع المناطق. وفي بعض المناطق في العالم قد تنخفض كميات الأمطار بنسبة ٢٠ ٪. إضافة إلى ذلك فأن العديد من المناطق التي تحظى بحصص كبيرة من الأمطار ستشهد أمطاراً غزيرة ثقيلة تمتد لفترات قصيرة من كل عام، مما يقلص من فترات فصول زرع الحبوب ويفاقم مشاكل الفيضانات والتعرية.

ورغم استمرار وجود العديد من الأمور غير المؤكدة بخصوص التأثيرات الاقليمية للتغيير المناخي على الزراعة فأنه يحتمل أن يعاني معظم منتجي الحبوب في العالم من نقص كبير في الانتاج. وربما تنخفض المحاصيل الزراعية ويتقلص انتاج المواشي بصورة أكثر قساوة في جنوب أوروبا والولايات المتحدة وأمريكا الوسطى وأجزاء من أمريكا الجنوبية وافريقيا وجنوب شرق آسيا. وفي المناطق الاستوائية الرطبة التي تنتج الكثير من محاصيل الأرز العالمية، يحتمل أن تتصاعد حدة الرياح الموسمية في جنوب شرقي آسيا مؤدية إلى سقوط أمطار غزيرة في الصيف وأمطار أقل في الخريف.

وتتوقف معظم الأمور على كميات الأمطار المقبلة فى هذه المناطق ولكن البحوث تشير إلى أن المناطق غير البعيدة عن خط الاستواء والمناطق الواقعة فى وسط القارات فى العالم من ضمنها السهول العظمى ومروج امريكا الشمالية والمناطق الحالية المنتجة للحبوب فى وسط آسيا، ستشهد كميات أقل من الرطوبة الضرورية لنمو النباتات. وتشير الأبحاث أيضا إلى وجود احتمالات كبيرة لانخفاض انتاج المحاصيل الزراعية بشكل ملحوظ فى مناطق غربى استراليا وفى السهول المترامية الأطراف فى الارجنتين وافريقيا الجنوبية وفى المناطق الجبليه فى جنوب غربى آسيا وفى شبه القارة الهندية وأجزاء من الأراضى والجزر فى جنوب شرقى آسيا.

وسيتقلص فقدان الانتاجية فى الدول الرئيسية المنتجة للغذاء بشكل ملحوظ كميات الغذاء المتوفرة فى الأسواق العالمية ما لم تنتج مناطق أخرى الغذاء الضرورى للاستهلاك العالمى. ويعتمد العالم فى الوقت الحاضر على صادرات ثلاث دول أو ما يشكل ٧٥٪ من جميع صادرات الحبوب. ويتوقع أن تعانى هذه الدول - وهى الولايات المتحدة وفرنسا وكندا انخفاضات ملحوظة فى انتاج الغذاء جراء ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الأمطار وجفاف التربة.

ونستطيع مواجهة هذا النقص فى انتاج الغذاء فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء وخاصة فى النصف الشمالى من كوكب الأرض. إذ أن درجات الحرارة فى المناطق البعيدة عن خط الإستواء سترتفع بشكل أكبر بكثير من المعدل العالمى المتوقع. وحين يرتفع معدل درجة الحرارة العالمية بـ ١,٥ درجة مئوية فإن درجة الحرارة فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء ستصل إلى ٩ درجات مئوية ما يسمح باستخدام الأراضى التى لم يمكن زراعتها فى الماضى بسبب برودة الطقس. وإضافة إلى ذلك فعندما نتوقع انخفاضاً فى كميات الأمطار فى العديد من المناطق الواقعة جنوب خط الاستواء فان ذلك قد يكون أقل احتمالا فى شمال أوروبا وربما فى شمال آسيا. ومن هنا ستمكن درجات الحرارة المرتفعة والأمطار المناسبة الزراعة من الاتساع شمالا فى المستقبل. إلا أننا لسنا متأكدين على الإطلاق من أن ارتفاع الانتاج فى الشمال سيتزامن وبشكل متقن وانخفاض الانتاجية جنوبا. كما أننا لسنا متأكدين عما إذا كانت كميات الانتاج المرتفعة فى المناطق الشمالية من خط الاستواء ستعادل الخسارة التى لحقت فى انتاجية المناطق المصدرة للحبوب والواقعة فى المناطق غير البعيدة عن خط الاستواء.

ومن الممكن التقليل من خسائر الانتاج من خلال عوامل الأخصاب الناجمة عن الكميات الاضافية لثانى أوكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. ومن المعروف أنه عندما تزداد كميات ثانى أكسيد الكربون فى الهواء فان معدلات نمو النباتات تتزايد. إلا أن

أخر الإبحاث تشير إلى أن هذه الزيادة فى المحاصيل، ستدوم لعدة فصول فقط. وبعد ذلك فان النباتات سترجع إلى التكيف مع كميات ثانى أوكسيد الكربون الاضافية فى الجو وستنخفض معدلات نموها وتصبح كالمعدلات الحالية. واضافة إلى ذلك فان حرارة أكبر ستعنى زيادة فى المعدل الذى تمتص فيه النباتات الرطوبة من التربة، والذى سيخفض بشكل جوهرى كميات رطوبة الأرض الضرورية للمحاصيل والنباتات. وستؤثر معدلات تبخر عالية ،رطوبة أقل بشكل مأسوى على المحاصيل الزراعية العالمية. ويعتقد أن هبوطا بمعدل ١٠ ٪ فى كميات الأمطار مضافاً إلى ارتفاع درجة الحرارة بنسبة ١ درجة مئوية سيؤدى إلى تخفيض ٥٠ ٪ من رطوبة التربة الضرورية للنباتات.

وستساهم الأنواع المتزايدة للحشرات الضارة وتصاعد أمراض النباتات فى عالم أكثر حرارة فى انخفاض المحاصيل الزراعية. وستعزز الحرارة المرتفعة والرطوبة، ظروف تكاثر الحشرات الضارة والحشرات الناقلة للأمراض، فيما ستساعد درجات الحرارة المرتفعة، الحشرات الناقلة للجراثيم بالتنقل إلى مناطق لا تستطيع حالياً البقاء على قيد الحياة فيها بسبب شدة برودة ظروفها المناخية.

وحين يتغير المناخ وتتغير معه أنماط الانتاج الزراعى فأنه ينبغى على التقنيات الزراعية ان تكون أكثر مرونة. إذ ينبغى على المزارعين التعود على تغيير تقنيات إدارة محاصيلهم الزراعية ومواشيهم كل عقد أو نحو ذلك وعليهم أيضا التكيف فى العديد من أنحاء العالم والعواصف والفيضانات وفترات الجفاف المستمرة والمتزايدة. وبالطبع فإنه سيتم تطوير تقنيات جديدة وابتكارات ادارية. وبالنسبة لمزارعى العالم الصناعى، حيث يتكيف العديد منهم على تغيير ممارساتهم لاستخدام الطرق الأفضل، فأن التحول سيكون دون صعوبة نسبياً. أما بالنسبة للمزارعين فى الدول النامية وخاصة الذى يعملون فى أراض زراعية هامشية، فأن التكيف والمرونة قد لا يكونان من الأمور السهلة المنال. ففى هذه الدول، حتى التغييرات الطفيفة فى المناخ وفى كميات الأمطار تستطيع تدمير معظم محاصيلهم الزراعية. وأن هذه الدول هى آخر من يمكنه القيام بالتغيرات التقنية والادارية الضرورية للاستمرار فى انتاج الغذاء فى مناخ متغير.

(٢) التغيير المناخي وصحة الإنسان

قد يؤثر التغيير المناخى سلبيا على صحة الإنسان من خلال القاء الفوضى فى امدادات الغذاء والمياه العذبة، وتشريد الملايين من البشر، وتغيير أنماط الأمراض بشكل خطير وغير متوقع. وقد آشارت الأبحاث والدراسات مؤخراً إلى صحة الإنسان يمكن ان تتأثر حتى بالتغييرات الطفيفة فى متوسط ومعدل درجات الحرارة، وهناك احتمال

تصاعد انتشار بعض الأمراض الرئيسية فى ظروف درجات حرارة أكبر، وظهور مكروبات عدوى ذات مقارمة أكبر. وسيكون السكان فى الدول النامية هم الأكثر تعرضا للآثار السلبية للاحترار العالمى الناجم عن الاحتباس الحرارى، خاصة الدول من المجموعات ذات الدخل المنخفض. ومن سكان الأراضى الساحلية المنخفضة والجزر والذين يقطنون المروج شبه القاحلة والفقراء الحضريين فى المستوطنات العشوائية ومدن الأكواخ والصفيح حول المدن الكبرى.

وتقوم الاستراتيجيات الحالية للمناعة المتعلقة بمكافحة الحشرات والجراثيم الناقلة للأمراض، ان كان ذلك بتزويد المياه الصالحة للشرب أو تحسين الغذاء، على نظم المناخ والنظم الايكولوجية ومستويات البحار والاشعاعات الشمسية الحالية. ويتوقع أن تتغير كل هذه النظم الا أننا لا نعرف بالضبط مستوى هذا التغيير. إلا أنه غير ممكن عمليا، تكييف استراتيجيات الصحة والتغذية مع التغييرات المناخية المحتملة. ويستطيع الإنسان التكيف على التغيرات المعتدلة فى درجات الحرارة وعلى درجات قصوى بين الحين والآخر. إلا أن امكانية التكيف هذه ضعيفة نسبياً فى عداد الأطفال والشيوخ، هذه الامكانيات تصل ذروتها خلال الطفولة والمراهقة ويمكن الاحتفاظ بها حتى بلوغ الثلاثين. وحاليا تفوق درجة الحرارة فى واشنطون مثلا ٣٨ درجة مئوية كمعدل يوم واحد بالسنة ولكنها تتجاوز الـ ٣٢ درجة مئوية فى حوالى ٣٥ يوم كل عام. «ولكن بحلول منتصف القرن الحالى، الحادى والعشرين، فأنه يحتمل أن ترتفع هذه الأرقام إلى ١٢ و ٣٥ يوماً كل عام»، وفق تقديرات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. «أنه من الصعب التكهن حول التأثيرات الناجمة عن ارتفاعات كهذه فى درجة الحرارة على صحة الإنسان فى واشنطن أو فى مدن مماثلة فى جميع أرجاء العالم، ولكنه من الأكيد أن تؤدى ضغوطات الحرارة المتزايدة فى المناطق الحضرية إلى العديد من الضحايا».

وسيؤدى المناخ المتغير إلى تبديل النظم الايكولوجية الخاصة بالحشرات والعوامل التى تنقل أو تسبب العديد من الأمراض ان كانت فيروسات أو بكتريا أو طفيليات أو نباتات أو حشرات أو حيوانات أخرى (كالبعوض). وحين تزداد درجة حرارة الجو فأن حدود المناطق الإستوائية قد تمتد إلى المناطق الحالية الواقعة جنوب خط الإستواء فيما يمكن ان تصبح أجزاء من المناطق المعتدلة مناطق جنوب استوائية. وحين تزداد درجة حرارة الهواء فأن العديد من الأمراض ستنتشر فى مناطق لم تعرف فيها من قبل. ويحتمل ان تزداد نسب الوفيات بصورة كبيرة. كما ستنتشر الأمراض البكترولوجية والفيروسية والطفيلية السائدة فى الظروف الإستوائية.

سكان آسيا فأن ايقاع الفوضى فى النظم الايكولوجية البحرية سيؤثر على امدادات غذاء الملايين من البشر وسيزيد من نقص البروتين وسوء التغذية بشكل مأساوى.

ان بعض العوامل التى تساهم بشكل كبير فى الاحترار العالمى كحرق الوقود الحفرى واستخدام الكلورو فلورو كربون يهدد صحة الإنسان بطريقتين أيضاً. فنجد أن سيارة عادية تستهلك البترول على سبيل المثال، تطلق غازات أوكسيد الكربون الأحادى والكبريت وأوكسيد النيتروجين والهيدروكربونات والأوزون بمستويات منخفضة والرصاص وهى جميعها غازات خطرة على صحة الإنسان. أما غازات الفلوروكلوروكربون التى تستنزف الأوزون فمن ناحيتها، تعرض الإنسان إلى مخاطر متزايدة لسرطان الجلد واعتام العين والتقليل من المناعة ضد الأمراض الأخرى كنتيجة للتعرض المتزايد للاشعاعات فوق البنفسجية التى تصدر عن الشمس.

وأخيراً يمكن للتغيرات التى تحدث فى توفير الغذاء والماء إضافة إلى التغيرات الراديكالية فى أنماط الأمراض ان تدفع السكان إلى الهجرة بموجات كبيرة، مما يؤدى إلى الاكتظاظ والازدحام وما ينتج عنها من المشاكل الاجتماعية وعدم الاستقرار والتى كلها مجتمعة تستطيع افساد صحة الإنسان.

وفي النهاية، تجدر الإشارة إلى أنه لا يوجد حتى الآن تفسير كامل ومقبول للتغير المناخى، كذلك من الواضح أن أية عملية واحدة تعمل بمفردها لا يمكن أن تكون تفسيراً للتغير المناخى بكل مقاييسه. ولهذا فقد يكون من الأجدر تطابق أو جمع هذه العمليات. ومثال ذلك نظرية فلينت Flint (١٩٧١) Solar-topographic التى تقوم أساساً على الاختلافات فى شدة الإشعاع الشمسى وبناء الجبال. وأكثر من هذا، فقد تتواجد حلقات التغذية الاسترجاعية وهناك بعض الافتراحات التى تبدو مقبولة لشرح الاختلاف على فترة زمنية طويلة (مثال ذلك فرضية كرول – ميلانوكوفيتش Croll - Milanikovitch الذى يمكن تطبيقها على الدورات الجليدية وغير الجليدية) بينما افتراضات أخرى تبدو أكثر قبولاً للتذبذبات قصيرة المى (التغيرات فى البقع الشمسية قد تكون افتراضاً مناسباً على مقياس عقد أو أكثر). وهناك مشكلتان أساسيتان أخريتان: الأولى أنه لفحص فرض معين نحتاج إلى معرفة دقيقة للنمط المضبوط وتواريخ التذبذبات السابقة وهذا نادر، المشكلة الثانية: أننا نتعامل مع مجموعة من النظم المتشابكة شديدة التعقيد، وهى النظام الشمسى، الغلاف الجوى، المحيطات، واليابس. ولذا فمن غير المحتمل، أن أى افتراض أو نموذج للتغيرات المناخية سيكون على مستوى جيد من التطبيق. وإذا أخذنا كل هذا فى الحسبان يتضح أنه من غير الممكن فى ظروف المعرفة الحالية أن نتكهن تكهناً جديراً بالثقة عن تطورات المناخ فى

المستقبل. وقد تقدم الكثيرون بتوقعات فى السنوات الأخيرة ولكنهم نادراً ما يتشابهون فى الكثير من توقعاتهم مع بعضهم البعض. فقد اقترح كالدر Calder وآخرون (١٩٧٤) أننا الآن على شفى عصر جليدى جديد والذى سيصل على حين غرة، وأشار وينستانلى Winstanly وآخرون (١٩٧٣) أن المناطق الموسمية ستتجه تدريجياً نحو الجفاف لعدة عقود بينما يرى آخرون أنه نظراً لنشاطات الإنسان فيحتمل زيادة درجة الحرارة بشدة، ربما إلى مستوى أدفأ من ألف سنة ببداية العقد الأول من القرن الحادى والعشرين (Broecker, 1975).

وقد حاول بعض الباحثين التكهن بذلك على أساس وجود الدورات المتصلة بالنشاط الشمسى أو ظاهرات أخرى، وقد أمكن التعرف على عدد كبير من الدورات. وأنه لمن المفيد أن نتذكر، أن مثل هذه الدورات قد نوقشت لزمن طويل: فقد أوضح سير فرانسيس بيكون Sir Francis Bacon أن هناك دورات مناخية كل ٣٥ سنة منذ ٣ قرون ونصف مضت. ومن المحتمل أن هينتجتون Eilsworth Huntington كان على صواب عندما كتب فى Mainsporings of Civilization (1945) «أنها ستكون منحة كبيّرة للإنسانية عندما نتعلم التوقع بالتواريخ الدقيقة لوصول الدورات المختلفة الأنواع إلى مراحل محدودة. وقد يكون هذا سهلاً إذا كان هناك دورات قليلة، أو إذا كل منها منتظمة فى الطول والشدة، أو أن أية دورة تؤدى إلى تأخير التأثيرات أو تتداخل مع الإخرى، أو أن الدورات تتطور بالتساوى فى كل أنحاء كوكب الأرض. والجدير بالذكر أن أى من هذه الشروط غير موجود.

والحذر مرغوب، وذلك ما أكد عليه ماسون Mason (١٩٧٦) فى مراجعته للتساؤل عن التوقع عن التغير المناخى «أن التحذير من عصر جليدى وشيك ومن كوارث ضخمة يقوم على أساس ضعيف وعلى غير إحساس بالمسئولية». فالجفاف الحديث فى أفريقيا وفيضانات الباكستان والعواصف المدارية فى استراليا، كلها حدثت بشكل مماثل فى الماضى ولا يقتضى ضمناً أن النمط العالمى المناخى سيشهد تغيراً أساسياً ودائماً، وثمة تقييم أكثر واقعية وأقل إثارة هو أن هذه التذبذبات المناخية ستعود بنفس الأهمية والتكرارية والاختلاف كما فى القرون الحديثة، منطبعة على اتجاهات طويلة الأمد لا يمكن التوقع بدقة ببدايتها وانعكاسها.

وهناك تقدير واقعى مشابه تقدم به لاندسبرج Landsberg (١٩٧٦) فى مجال عرض لكتابين حديثين ذائعين، أحدهما يقترح حدوث برد شديد وشيك والآخر وشوك حدوث دفء محتم، يقول «إذا كنت تظن أنك تستطيع استقراء المناخ فانتظر لفترة وتعلم».

نصيب مصر من التغيرات التي سيستقر عليها شكل المناخ في المستقبل

تؤكد المؤشرات أن التغيرات التى سيشهدها مناخ مصر ستكون إيجابية حيث تبشر الدراسات بزيادة متوسط كمية الأمطار وزيادة السيول. وهذه الزيادة فى كمية الأمطار تبشر بتحسن الجو وتنقية الهواء، كما أن مياه السيول ستساهم فى استزراع الصحراء وزيادة الرقعة الزراعيه. وهذه المؤشرات ليست إلا الوجه الآخر لمشكلة التغيرات المناخية التى يعتقد أن آثارها السلبية تفوق هذه المؤشرات الإيجابية.

وكما سبق أن ذكرنا أنه ينطلق إلى الغلاف الجوى غاز ثانى أكسيد الكربون بمعدلات كبيرة كنتيجة لعوامل طبيعية ولكن المنبعث من ذلك الغاز بفعل الطبيعة تمتصه عوامل طبيعية. كالأشجار والنباتات، وبذلك يتحقق التوازن البيئى على المدى الطويل، غير أن النشاط البشرى يطلق أيضاً كميات متزايدة من ذلك الغاز مما يؤدى إلى زيادة تركيزه فى الغلاف الجوى محدثاً ما عرفناه بظاهرة البيت الزجاجى Grean house، أو الاحتباس الحرارى وهو ما يؤدى بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى المحيط بكوكب الأرض. ومن هنا اتجه العلماء إلى الربط بين ما ينبعث من تلك الغازات نتيجة النشاط البشرى وبين هذه الظواهر التى تهدد نوعية الحياة على كوكب الأرض.

وفى مصر يعد إحلال الغاز الطبيعى محل السوائل البترولية أحد العوامل المساعدة على تخفيف حدة التلوث الجوى، نظراً لضآلة ما يحتويه الغاز من الكربون. قد أرتفع استهلاك مصر من الوقود الحفرى خلال الربع الأخير من القرن العشرين الماضى من نحو ٧,٥ مليون طن بترول (منها كمية من الغاز لا تذكر) إلى نحو ٤٠ مليون طن (منها ١٦ مليون طن غاز) عام ٢٠٠٠، وهو ما يعادل ٥,٣ أمثال ما كان عليه عام ١٩٧٥. هذاعلى حين ارتفعت المنبعثات الكربونية المرتبطة بهذا الاستهلاك خلال الفترة المذكورة من نحو ٢٦ مليون طن ثانى أكسيد الكربون إلى نحو ١٠٩ ملايين طن، وهو ما يعادل ٤ أمثال ما كانت عليه عام ١٩٧٥. ومع أن هذا التطور يحمل شيئاً من الإيجابية نتيجة لازدياد معدل إحلال الغاز الطبيعى الأقل تلويثاً محل المنتجات البترولية السائلة، فإن الجانب السلبى فى هذا التطور يتمثل فى الازدياد المضطرد فى المنبعثات الكربونية التى شهدت هذا النمو السريع، وهى ظاهرة ينبغى أن تحظى بأكبر قدر من الاهتمام والعمل على تحجيم تلك المنبعثات.

وبصرف النظر عما يثار من خلافات علمية حول تفسير ظاهرة الاحتباس الحرارى، فإنه مما لا شك فيه أن الأفضل لمصر أن تبذل كل الجهد لترشيد ورفع

كفاءة ما يستهلك من الوقود. فالمؤكد أن تحسين كفاءة الوقود ينتج عنه الكثير من المكاسب، إذ يساعد من ناحية على خفض ما ينطلق للغلاف الجوى من المنبعثات الملوثة، ومن ثم يعود بالنفع على صحة الإنسان والحيوان والنبات. ومن ناحية ثانية فإنه يقلص حجم الفاتورة التى نتحملها نتيجة لانخفاض ما يستهلك من الوقود، وبالتالى تقليص حجم الدعم الذى تقدمه الدولة فى أسعار الوقود. ومن ناحية ثالثة فإنه يساعد على تحقيق وفر فى نصيب مصر من إنتاج البترول والغاز، مما يمكن تصديره أو الاحتفاظ به لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة، وبصفة خاصة الغاز الطبيعى الذى ترجح اقتصادياته أفضلية إحلاله محل الوقود السائل والاحتفاظ بأكبر قدر منه لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة.

ونظراً لاهتمام العلماء بدالات الأنهار حيث أنها تمثل المواقع الرئيسية بالقارات التى تحتوى على كميات ومخزون من النفط والغاز، كما أن سواحلها المطلة على البحار تعد ترمومتراً لقياس مدى ارتفاع وانخفاض الأراضى، ومن ثم معرفة طغيان مياه البحار فوق سطح الأرض أو ارتفاع الأرض بالنسبة للبحر.. وحديثاً نالت دلتا النيل فى مصرَ الكثير من الشهرة العلمية ووضعت على خريطة البحث العلمى كأهم موقع على كوكب الأرض كنموذج مثالى للتغيرات المناخية والظواهر الطبيعية. فعلى سبيل المثال، أثبتت الدراسات عن قاع البحر المتوسط وجود دلتا مقلوبة داخل البحر امتداداً لدلتا النيل تقع قاعدة هذه الدلتا فى الجنوب بينما رأس مثلث الدلتا شمالاً فى داخل البحر. كما أجريت دراسة تفصيلية على المنطقة الواقعة على ساحل البحر المتوسط بين شرق بورسعيد وحتى غرب الإسكندرية (أبو راضى، ١٩٨٨) والتى انتهت إلى الاعتقاد بأن دلتا النيل بوضعها الحالى قد تكونت من رواسب يرجع عمرها منذ ما يتراوح بين سبعة آلاف وسبعة آلاف وخمسمائة سنة، وإن كانت الطبقات السفلى قد تكونت منذ ما يقرب من عشرين مليون سنة وهى تحت البحر. ومن نتائج الدراسات التى تعرضت لدلتا النيل أخيراً أن الجزء الشمالى من الدلتا ينخفض بمعدل يتراوح بين ٠.٠٤ و ٠.٠٥ من السنتيمتر فى العام الواحد، كما أن الدلتا تميل إلى الشمال الشرقى تدريجياً خلال فترة السبعة آلاف سنة الأخيرة، ويتزايد سمك رواسب الدلتا من الغرب إلى الشرق مع ميل فى هذا الاتجاه بمعدل يتراوح بين ٠.١ و ٠,٥ سنتيمتراً فى السنة الواحدة. ويرجع ذلك الاختلاف فى تغير الرواسب فى مناطق عنها فى مناطق مجاورة مما يسبب ثقلاً على أجزاء عن أجزاء أخرى يتأثر ذلك المنهج بارتفاع مستوى البحر تدريجياً حيث قدر العلماء بأن سطح البحر ارتفع ١٥ متراً خلال السبعة آلاف سنة الأخيرة نظراً لذوبان الجليد فى المناطق القطبية، ومن ثم زيادة مياه البحار والمحيطات، وقد تغير المناخ

تبعاً لذلك فى منطقة جنوب البحر المتوسط من مناخ مطير من اثنى عشر ألف وخمسمائة عام إلى مناخ جاف منذ حوالى أربعة آلاف عام، وأدى ذلك بالضرورة إلى تقليل حمولة نهر النيل -- قبل بناء السد العالى – من رواسب الهضبة الأثيوبية. وكذلك زيادة التيارات المائية من الغرب إلى الشرق. والعامل الأخير أدى إلى تآكل شواطئ الدلتا ناحية الشرق وتكوين أرصفة شاطئية من الصخور الجيرية ناحية الغرب يقع بينها بحيرات ملحية. وتؤدى هذه العوامل الطبيعية بالإضافة إلى نشاط الإنسان من تجفيف الأرض وإقامة مصدات وحواجز على ساحل الدلتا إلى تغيير شكل الدلتا، وأدى بناء السد العالى الذى منع رواسب فيضية يحملها النهر ليرسبها فى المصب عند دلتاه مما زاد من عملية النحت والتآكل. ويعتقد أن مياه البحر قد تغمر حوالى ٣٠ كيلومتراً داخل الدلتا من ناحيتها الشرقية بحلول عام ٢١٠٠، وقد يؤثر ذلك على الزراعة فى الدلتا.

ومن مظاهر التغير المناخى فى مصر ما أظهرته الحفائر التى أجريت فى منطقة النبتة غرب أسوان بحوالى ٢٠٠ كيلومتراً أن الجفاف عم الصحراء الغربية منذ أربعة آلاف عام فقد كانت هذه الصحراء قبل ذلك عامرة بالحياة النباتية والشجرية والبحيرات والإنسان حيث بدأت الحضارة المصرية منشأها فى الصحراء الغربية، ثم انتقل الإنسان المصرى إلى الوادى ودلتاه عندما استقر النيل فى مجراه مكوناً دلتا عظيمة. ونظراً لأن البحر الأحمر يتسع عاماً بعد عام حيث توجد الهزات المستمرة ليصبح بعد ذلك كما يعرفه العلماء باسم «المحيط القادم»، وهبوط الدلتا ناحية الشرق وارتفاعها فى الغرب لتزحزح القارة الأفريقية إلى جنوب أوروبا قد يكون هو السبب فى هبوط الدلتا ناحية الشرق واحتمال دخول مياه البحر المتوسط منها إلى الدلتا.

أما تخلخل المناخ فيعبر عنه بدورات مناخية طبيعية تحدث على كوكب الأرض منها دورة كبيرة على مدى مئات الملايين من السنين وهى انتهاء عصر أو حقبة زمنية لبداية حقبة زمنية أخرى مغايرة. ونحن نعد مصر بظواهرها الطبيعية نموذجاً مثالياً للتغيرات المناخية الحديثة. وقد وضعت مصر على خريطة العالم العلمية فى الدراسة من حيث التغيرات المناخية وبداية الحضارة الإنسانية وتطورها. فقد وجدت فى حفريات الأشجار القديمة التى ترجع إلى أكثر من ٣٠٠ سنة أن هناك دورات مناخية تكثر فيها الأمطار فتكون حلقات سميكة داخل الساق عددها ١٥٠ حلقة تتلوها حلقات ضيقة عددها أيضاً ١٥٠ حلقة من ذلك استطاع العلماء أن يتأكدوا من أن الدورات المناخية الصغيرة حدثت فى كل ١٥٠ سنة حيث تمثل كل حلقة سنة واحدة من عمر الشجرة. ويعتقد الباحثون أنها دورات مناخية داخل دورة أخرى أوسع ثم هناك دورات مناخية محلية، أى فى منطقة أخرى حيث ترتفع درجة الحرارة نتيجة البراكين أو

التزحزح القارى أو تدخل الإنسان مثل قطع الأشجار، ولكن هناك دورات مناخية أخرى طبيعية تشكل كوكب الأرض.

وفى دراسة مستفيضة قام بها أكبر علماء البيئة فى العالم توصلوا إلى نموذج لما يمكن أن يحدث فى المستقبل على أساس تصورات (سيناريوهات) ثلاث :

التصور الأول : أو ما أسموه بالسيناريو رقم ١، ويعتمد على استمرار الحال كما هو عليه.. أى يستمر العالم بنفس الأسلوب فى أنشطته الصناعية التنموية وعلى نفس المستوى والقدر.. **والتصور الثاني** أو السيناريو رقم ٢ على أساس امكانية التحكم فى العملية الصناعية إما بتقليل الأنشطة الاقتصادية أو باللجوء إلى ما يسمى بالعمليات الصناعية النظيفة التى لا تخلف من ورائها أى ملوثات ضارة.. **والتصور الثالث** أو السيناريو رقم ٣ وهو إذا ما استمر ازدياد وازدهار التقدم الصناعى المتوقع حدوثه مع الزيادة المضطردة والمتواصلة فى عدد سكان هذا العالم والمحتمل أن يصل إلى أكثر من ستة بلايين نسمة فى نهاية العقد الحالى. وبحسب السيناريو رقم ١ وبفرض استمرار النشاط الصناعى دون زيادة أوت نقصان وعدم أخذ الزيادة السكانية فى الاعتبار، وجد العلماء أنه بحلول عام ٢٠٣٠ سترتفع درجة الحرارة درجتين مئويتين وقد تصل إلى ٤.٢ درجة مئوية فى نهاية القرن الحالى (القرن الحادى والعشرين). وأعراض نتيجة ارتفاع درجات الحرارة هذه كثيرة أهمها وأشدها خطورة هو إنصهار الجليد فى مناطق تراكمه على الأرض هذا بالإضافة إلى ظاهرة التمدد الحرارى لمياه المحيطات ستيسبب فى زيادة حجم مياه المحيطات والبحار وبالتالى سيعلو منسوب سطح هذه المياه.. وتشير الدراسة أنه بحلول عام ٢٠٣٠ - بحسب هذا السيناريو - سيرتفع منسوب سطح البحار حوالى ١٨ سنتيمتراً عما كان عليه فى عام ١٩٩٠ وقد يصل فى بعض المناطق إلى حوالى ٢٩ سنتيمتراً - تختلف التقديرات بحسب اختلاف التراكيب الجيولوجية وطبيعة الأراضى المتاخمة للشواطئ. وبنهاية القرن الحادى والعشرون يقدر ارتفاع سطح البحر فى بعض المناطق بحوالى ١١٠ سنتيمتراً.. معنى هذا أن هناك أراض متاخمة للشواطئ ستتعرض لخط الغمر والتآكل وتزايد حركات المد والجزر.. كما ستختلف عمليات الترسيب وستتداخل المياه المالحة فى المياه العذبة فى مناطق مصب كل نهر وبالنسبة للمياه الجوفية أيضاً. هذا بالإضافة إلى تدمير بعض المنشآت الحضرية على الشواطئ مما سيتسبب فى تهجير وتشتيت سكانها (هذا وهناك إحصاءات تشير إلى أن حوالى ٦٠ ٪ من سكان العالم يعيشون على أو بالقرب من المناطق الشاطئية).

وبحسب **السيناريو رقم ٢** أى بالتحكم فى المخلفات الصناعية وتقليل نسبة تصاعد

الغازات المتسببة فى تغير المناخ، فإن ارتفاع منسوب سطح البحار وإن كان ينخفض إلى حوالى نصف هذا التصور، إلا أنه سيستمر وأن نفس الآثار ستحدث لكن فى حوالى ضعف هذا الوقت.. ويمكننا أن نتصور الحال بحسب **السيناريو** رقم ٢ إذا ما أمعن الإنسان فى التدخل فى الطبيعة وتدمير البيئة التى يـ ، فيها.

وهناك دراسة مستفيضة قامت بها منظمة الأمم لحماية البيئة وكذلك دراسات عديدة لعلماء من جنسيات مختلفة حول الآثار المترتبة على ارتفاع منسوب سطح مياه البحر المتوسط على المناطق المحيطة به، وما يهمنا بالطبع هو منطقة الدلتا والساحل الشمالى لمصر.. ولعله من حسن الحظ أن دلتا النيل محمية ببعض التكوينات الجيولوجية منها بعض الكثبان الرملية المتحجرة والتى ترتفع عن سطح البحر بارتفاعات تصل فى بعض المناطق إلى حوالى ١٢ متراً حيث بنيت مدينة الإسكندرية القديمة.. والدراسة كما توضح مجموعة الخرائط فى الشكل رقم (١٢ – ٨) والتى تصور الوضع بحسب احتمالات ثلاث: أولها إذا ما ارتفع سطح البحر الأبيض حوالى ٥٠ سنتيمتراً؛ وثانيهما، إذا ما ارتفع حوالى المتر ثم الاحتمال الثالث إذا ما ارتفع منسوب السطح حوالى متر ونصف المتر .. وفى كل من هذه الاحتمالات توضح الخرائط مدى وحجم الأراضى التى ستتعرض للغمر وقدر العلماء أنه إذا ما استمر الحال والنشاط الصناعى فى العالم على ما هو عليه وارتفع منسوب البحر حوالى المتر فى نهاية القرن الحالى فستغمر أراضى شمال دلتا النيل إلى حوالى ٣٠ كيلومتراً إلى داخل البلاد .. **وإذا كانت نظرتنا متفائلة، ولم يرتفع منسوب مياه البحر إلا بمقدار النصف.. أو الثلث أو الربع مما هو متوقع.. فإلى أى مسافة إلى داخل البلاد ستغمر الأراضى؟ وأى أراضى؟ وأى طرق؟ أما يجب علينا أن نقوم بدراسة المناطق المهددة من الآن حتى نستوعب المشكلة ونتدارس الحلول بتأن وروية!!**

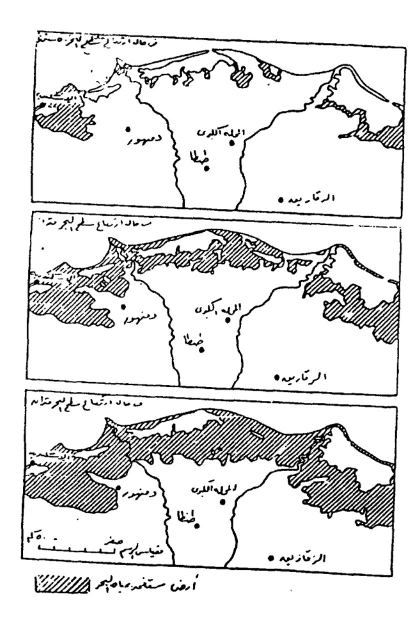
وفيما يلى موجزاً لما أوصى به العلماء بالنسبة لشاطئ مصر الشمالى ضمن دراسة جادة عن بعض المناطق المهددة فى العالم:

١ – إعادة تقييم خطط تنمية مناطق الإسكندرية وبورسعيد ودمياط وخاصة مناطق الموانئ وكذلك القرى السياحية والمناطق الترفيهية ومناطق التعمير عموماً على طول الشاطئ بحيث تكون فى المناطق المرتفعة وليست المنخفضة.

٢ – إعادة تقييم شبكات الصرف.

٣ – زحزحة مشاريع استصلاح الأراضى إلى داخل البلاد.

٤ - إعادة دراسة وتقييم الآثار الاقتصادية لاستخدام وتمرير رسوبيات نهر النيل من أمام السد فى بحيرة ناصر إلى مجرى النيل خلف السد للتقليل من تآكل الدلتا.



(شكل رقم: ١٢ - ١٠) تأثير طغيان البحر المتوسط
بسبب المد المائي علي دلتا النيل

المراجع

- المراجع العربية
- المراجع الأجنبية

المراجــع

أولاً: المراجع العربية:

- أحمد إسماعيل عبد الرؤوف: زراعة الحقل، الجزء الأول، القاهرة، ١٩٤٨ .
- أحمد عبد السلام: أثر العوامل المناخية فى نمو وإنتاج محاصيل الخضر، مجلة الفلاحة العدد ٩، ١٠، ١٩٦٩ .
- الجمعية الكيمياوية الأمريكية «مكافحة تلوث البيئة». واشنطن، ١٩٦٩ ترجمة : أنور محمود عبد الواحد، القاهرة، ١٩٧٢ .
- جودة حسنين جودة: الجغرافية المناخية والحيوية، الاسكندرية، ١٩٩٦ .
- حسن سيد أحمد أبو العينين : أصول الجغرافيا المناخية، الاسكندرية ، ١٩٨٨ .
- سعود يوسف عياش: تكنولوجيا لاطاقة البديلة ، عالم المعرفة، عدد ٣٨، فبراير، الكويت، ١٩٨١ .
- شاهر جمال آغا: علم المناخ والمياه – الجزء الأول – علم المناخ، دمشق ، ١٩٧٨ .
- عايدة بشارة: التوطن الصناعى فى الإقليم المصرى، القاهرة ١٩٦٢ .
- عبد الرحمن حميدة: علم المناخ، دمشق، ١٩٦٩ .
-عبد العزيز طريح شرف: الجغرافيا المناخية والنباتية، الإسكندرية، ١٩٧٤ .
- على عبد الوهاب شاهين: محاضرات فى جغرافية المناخ والنبات، جامعة بيروت العربية، ١٩٦٥ .
- على على البنا: أسس الجغرافية المناخية والنباتية، بيروت، ١٩٦٨ .
- على على الخشن، محمود حبيب: القواعد الأساسية لإنتاج المحاصيل، الجزء الأول، الإسكندرية، ١٩٦٣ .
- على مصطفى مرسى: محاصيل الحقل، الجزء، الأول القاهرة، ١٩٦١ .
- على حسن موسى: المناخ الإقليمى، دمشق، ١٩٧٨ .
- على حسن موسى: الوجيز فى المناخ التطبيقى، دار الفكر، دمشق، ١٩٨٢ ..
- على حسن موسى: مناخات العالم، دار الفكر، دمشق ، ١٩٨٩ .
- على حسن موسى : أساسيات علم المناخ، دار الفكر، دمشق، ١٩٩٤م.
-.على حسن موسى: النينو، دار الفكر دمشق، ٢٠٠٠ .
- فتحى عبد العزيز أبو راضى: أسس الجغرافية الطبعية، الإسكندرية، ٢٠٠٢ .
- فتحى عبد العزيز أو راضى: الأصول العامة فى الجغرافية المناخية والنباتية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية ٢٠٠٤

- فتحى عبد العزيز أبو راضى: الجغرافية المناخية للدلتا، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب – جامعة الاسكندرية.
- فتحى محمد أبو عيانة، فتحى عبد العزيز أبو راضى: قواعد الجغرافيا العامة: الطبيعية والبشرية، ٢٠٠٢.
- فرج محمد على: بعض مشكلات الأرصاد الجوية الزراعية، الموسم الثقافى السابع، ٦٢، ٦٣، مصلحة الأرصاد الجوية ، القاهرة ، ١٩٦٢.
- فهمى هلالى أبو العطا: الطقس والمناخ – دراسة فى طبيعة الجو وجغرافية المناخ، الإسكندرية، ب. ت.
- كمال رمزى ستينو: زراعة الخضر، الطبعة الرابعة، القاهرة، ١٩٥١.
- لؤى أهدلى ،علم المناخ والأرصاد الجوية، دمشق، ١٩٧٣.
- نيلى عبد الواحد: الأرصاد الجوية والإنتاج الزراعى، الصحيفة الزراعية ،مارس ١٩٦٩،.
- محمد متولى، إبراهيم رزقانه، محمد صفى الدين أبو العز، محمد صبحى عبد الحكيم: أسس الجغرافية الطبيعية، الجزء الثانى، الجغرافية المناخية، القاهرة، ١٩٥٤.
- محمد متولى، إبراهيم رزقانه، محمد صفى الدين أبو العز، محمد صبحى عبد الحكيم: أسس الجغرافيا الطبيعية. الجزء الثالث، الجغرافيا الحيوية، القاهرة، ١٩٥٦.
- محمد جمال الدين الفندى: الطبيعة الجوية – القاهرة ١٩٦٤.
- محمد جمال الدين الفندى: طبيعيات الجو وظواهره ، القاهرة، ١٩٥٦.
- محمد جمال الدين الفندى: الأرصاد الجوية فى خدمة الطيران، مجلة القوات الجوية، العدد ١٩٦٨ ،سبتمبر القاهرة، ١٩٦٩،
- محمد محمود الصياد: مناخ غرب الدلتا ، مجلة كلية الآداب، القاهرة، الجزء الثانى، ،سبتمبر، ، القاهرة ١٩٥٣.
- محمد نجيب عبد العظيم: علم المناخ المعاصر، الاسكندرية، ١٩٩٦.
- محمود حامد محمد: (الميتورولوجيا، أو ظواهر الجو فى الدنيا ومصر خاصة)، القاهرة، ١٩٤٧.
- نعمان شحادة: علم المناخ، عمان ، ١٩٨٣.
- نعمان شحادة: المناخ العملى، عمان ، ١٩٨٣.
- يوسف عبد المجيد فايد: مدخل إلى دراسة المناخ التفصيلى. حوليات كلية الآداب، جامعة القاهرة، مجلد ٢٥ ، جزء ٢ ، كانون الأول، ١٩٦٣.
- يوسف عبد المجيد فايد: المناخ والإنسان، مجلة المحاضرات العامة، للجمعية الجغرافية المصرية، الموسم الثقافى، ١٩٦٤ ، القاهرة ١٩٦٤.
- يوسف عبد المجيد فايد: جغرافية المناخ والنبات القاهرة، ١٩٧٣.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

-Abedl- Kader A Ali **El Nino events and Rainfall Variations in The Sahel Region of Africa**. Bulletin De La Societe de Geographie D'Egypte, Tome . 1993.

-Ann Henderson- Sellers and Robinson. P J.: Contemporary Climatology, Longman, 1988.

- Ayoade, J.O. "Introduction to Climatology for the Tropics". John Wiley & Sons, 1983.

- Balls, L. : "Cotton Growing Weather in Egypt, Report of The International Cotton Congress, Cairo, 1930.

- Barrett, E.C;: "Climatology Form Satellites". London, 1975.

-Barry, R. G & Chorley, R. J;· "Atmosphere, Wather and Climate". (4th edn), Methuen, 1982.

Bhar, T & Fite, R.C., :"Weather Elements". New York, 1965.

Bhar. T... "Climatology, General and Regional". New York, 1970.

Boswell. V R & Jones. H A . "Climate and Vegetable Crops, Year Book of Agric Washington. 1941.

- Brooks, G.E.P . "Climate in Everday Life" 1950.

Brooks. G.E.P. Climate through the ages, 2nd Ed , N.Y., 1970.

- Bruce, J.P."**The Atmosphere of The Living Planet Earth**". Geneva, wmo, No 735. 1990.

- Buchnell, J., : Climatology. An Introduction. London, 1964.

- Budyko, M.I., : The Earh's Climate: Past and Furture, Academic Press, 1982.

- Bunting, B.T.: The Geography of Soil.2 nd. Ed London, 1967.

- Cain, Stanley,: "Physical Basis of Plant Geography".·1950.

- Camphell, D. H.: "An outline of Plant Geography", 1962.

- Chandler, J.J;: "The Climate of London" London 1965.

Chandler. T.J.: "Modern Meteorology and Climatology". Harvard University Press. 1950.

- Chang. Jen-Hu; :"Climate and Agriculuure". Chicago, 1968.

- Cone, M.A.:"**Oceanographic Events during El-Nino,** Science, 222, 1983.

- Critchfield, H. J,: "General Climatology" Englewood Cliffs New Jersey, 1966.

- Decan, E.J;: "**Physical Processes Near The Surface of The Earth**". World Survey of Climatology, Vol.2, General Climatology, 2 Elsver Publishing Company, Amstrdam. 1969
- Derrik Sewell, E.R. & Others · "**Human Response to Weather and Climate, Geographical Contributions**, Geog. Rev. No. 18, April, 1968.
- Dix, M::"Environmental Pollution'. New York, 1981.

- Donahue, R.L., Soils, : An Introduction to Soils and Plant Growth, 1958.
- Flohn, H. (editor) : General Climatology 2, 1970.(World Survey of Climatology. Vol II).
- Gates, D.M:: "Man and his Environment: Climate". Harper and Row, 1972.
- Geiger, R;: "The Climate Near The Ground" Harvard University Press, 1965.
- Griffiths, J.F:: "Applied Climatology; An Introcuction". Oxford University Press, 1970
- Hardy, M.E . "The Geography of Plants". 1944.
- Haurwitz, B & Austin, M.J.: "Climatology". New York, 1944.
- Hess, S.L: "Introduction to Theoretical Meteorology". New York, 1980.
- Hobbs J E. 'Applied Climatology". London, 1980.

Horrocks, N K. "Physical Geography and Climatology". London , 1966.
- Houghton, J.T. (ed.).: The Global Climate, Cambridge University Press. 1984
- Kendrew W G. "Climatology". . 1944
- Kendrew, W.G:. "The Climate of The Continents". Oxford, 1953.
- Kimble, O.H..· "The Weather," 2 nd ed. 1931.
- Landsberg, H.E;: "Physical Climatalogy". Gray Printing Co, 1967.
- Lave. L. B & Seskin, E. P;: "**Air Pollution and Human Health**". Science, 169, 1970
- Lockwood, J.G;: World Climatology : An Environmental Approach, Edward Arnold. 1974.
- Lockwood, J.G;: "Cauces of Climate". London, 1979.
- Magness, A.C. & Mitchell, J.W.: **Effect of Climatic Factors on Growing Plants**, Year - Book of Agriculture. Washington. 1941.
- Magness, G.R. & Traub, H.F.: "**Climatic Adaptation of Fruit and Nut Crops**, Agric. Year Book, Washington. 1941.

- Mather, J.R., "Climatology", Fundamentals and Applications", 1974.
Mc Dermett, Walsh: "**Air Pollution and Public Health**, Scient, Am.205, 4. 1961.
- Miller, A.A;: "Climatology". London, 1960.
- National Academy of Science, **Understanding Climatic Change: A Program for Action**, U.S. Committee for GARP National Research Coucil, Washington D.C.1975.
-Namias, J. & Cayan, D.R; **El Nino: Implications fo Forecasting**. Oceanus, 27, 1984.
- Neuberger, H. & Stephens, F.B;: Weather and man, 1948
- Newbigin, M.I. "Plant and Animal Geography, " 1936 .
- Pack. Donald. H · "**Meteoroiogy and Air Poilution**. Science,146, 3648, 1964.
- Parry, M. :"**The Climates of Twons**, Weather, Vol 5. No. 10. 1950.
- Philip, A.L · "**Geograpical aspects of Air Pollution**; Geog. Rev. Vol. 36.1966.
- Philander, S.G.H.: El Nino, La Nina, and The Southern Oscillation. Academic Press, San Diego, 1990.
- Polunin, N.,: Introduction to Plant Geography, London, 1960
- O'Hare, Greg & Sweeney, J.: The Atmospheric System". London, 1990.
- Oliver, J.E; : "Climate and Man's Environment". New York, 1973.
-Rasmusson, E. M & Carpenter, T.: **Variations in Tropical Sea Surface Temperuture and Surface Wind Fields Associated With The Southern Oscillation/ El Nino**, Mon. Weather Rev. 110, 1982.
- Rasmusson, E. M & Wallace, J.M : **Meteorological aspects of Te ElNino/ Southern Oscillation**. Science, 222. 1983.
- Rasmusson, E. M& Hall. J.M.: **The Major Pacefic Warm Episode of 1982/83**
- Rihel, H;: "Introduction to The Atmosphere" New York, 1978.
- Sellers, W.D; :"Physical Climatology". Chicago, 1965.
- Setzer, J;: "**A New Formula For Precipitation Effectiveess**" Geogr Rew, Vol. 36. 1946.
- Sharaf, A.T.: "**Modern Approoch to Regional Climatology as Applied to The British Isles** A Thesis Submitted for The Degree of Ph.D in University of Reading, 1951.
- Shukla, J.: **Seasonal Predictions: Enso and Toga**. Center for Ocean - Land Atmosphere Studies, Geneva, 1997.
- Smith, K;: "Priniciples of Applied Climatology". New York, 1975.

- Strahler. A N & Strahler, A.H:: "Modern Physical Geography" New York. 1978.
- Statyer, R.O. & Moellorg, I.C · Practical Microclimatology, UNESCo, 1961.
- Statyer, R.O. & Moellorg, I C Earth and Water Temprature in Egypt Physical Department, Paper No. 52, Cairo
- Terjung, W.H:: "Phsiologic Climates of The Conterminous United States: A Bioclimatic Classification Based on Man". Annales Association of Smerican Geographers, 65,1966.
- Thornthwaite,W. C;· "The Climate of North America According to New Classification". Geogr. Rev, Vol. 21, 1931.
- Thornthwaite,W. C.: "The Climate of Earth, Geog. Rev. Vol. 23.3, 1931.
- Thornthwaite,W. C;"Problems in The Classification". Geógr, Rev. Vol. 33, 1943
- Thornthwaite,C.W.. "An Approach toward a Rational Classification of Climate" Geogr. Rev Vol 38,1948
- Thornthwaite W C & Mather . J.R,: "Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and The Water Balance" Publ. in Climatol; Drexel, inst of Tech; Lab of Climatofogy, Vol X, New Jersy, 1959.
- Thom, C E. : "The Discomfort Index, Weatherwise, 12,2, 1959.
- Trewartha, G.T.· "An Introduction to Weather and Climate". New York, 1954.
- UNESCO, "Climate and House Desing". New York, 1971.
- Wallace, J.N & Hobbs. P. V.: "Atmospheric Science". New York, 1977.
- Weaver, J.E & Climents, F.E.: Plant Ecology, McGraw Hill- Book, Co. Ine. N.Y.
- Weyle, P.K. : The role the Oceans in climatic change; A Theory of the Ice ages, Meteorological monographs, 8, 1968, pp. 37-62.
W.H.O:· "International Cloud Atlas", Geneva, 1956.
- W.H.O.: "Guide to Meteorological Instruments and Oberving Pratices" No.8 Tp.3
- Wyrtki, K.· El Nino - The Dynamic Response of The Eauatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. J.Phys. Oceanogr. 5, 1975.
- Wyrtki, K.:Water Displacements in the Pacific and The Genesis of El Nino Cyeles. J. Geophys. Res. 90, 1985.



Bibliotheca Alexandrina
1019169